

OPTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA

NUNO JOSÉ MARQUES E SÁ

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Carlos Alberto Baptista Medeiros

JUNHO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais e à minha Irmã

Conhecimento é Poder

Francis Bacon

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Sr. Professor Carlos Alberto Baptista Medeiros, a sua disponibilidade e apoio à elaboração deste trabalho. Agradeço também pelo reconhecido espírito crítico com que interveio ao longo da realização deste trabalho, a cedência de material bibliográfico e partilha de conhecimentos.

A todos os amigos e colegas por toda a amizade, por todo o apoio e por me darem forças para seguir em frente ao longo do decorrer da minha formação.

À minha família, mãe, pai e irmã, pelo apoio incondicional, pela amizade e pelo vosso afecto.

RESUMO

A presente dissertação consiste na análise e no estudo comparativo entre o regulamento português e as novas propostas de dimensionamento (Normas Europeias) relativamente as redes interiores de distribuição de água fria. Para o desenvolvimento deste objetivo tomou-se como base projetos de dois edifícios de habitação (edifício unifamiliar e edifício multifamiliar).

Numa primeira fase é desenvolvida uma breve história sobre evolução das instalações prediais e uma avaliação sobre o atual estado de arte no que diz respeito a concepção e dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água fria. Nesta descrevem-se os tipos de sistemas, de instalações, de materiais a aplicar e os dispositivos que devam ser considerados na elaboração do projeto.

Na segunda parte, a dissertação explora de forma criteriosa os dois métodos em estudo. Expõe os processos de cálculo para o dimensionamento de redes prediais de água fria indicados na Norma Europeia (EN806-3) e no regulamento português (RGPPDADAR) e refere todas as condicionantes impostas principalmente a nível de pressões e velocidades.

A terceira e última parte do documento consiste na descrição dos projetos propostos (edifício unifamiliar e edifício multifamiliar), na exposição do traçado realizado e o dimensionamento de ambas as redes interiores de distribuição com base nos dois regulamentos expostos e analisados na segunda parte da dissertação. Com os resultados é realizada uma comparação minuciosa de ambos os métodos e é feita uma lista de parâmetros para a optimização de todo o processo de dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água fria na adopção de cada um dos métodos.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas prediais, redes de distribuição de água para consumo, dimensionamento hidráulico, legislação, EN806-3, RGPPDADAR.

ABSTRACT

The hereby present dissertation consists in the analysis and comparative study between the Portuguese regulations and the new proposals of dimensioning (European Normative) in relation with interior nets of distribution of cold water. In order to develop this objective there were used, as basis, projects of two habitational buildings (unifamily and multifamily).

In a first phase, it is developed a brief history of the evolution of the building constructions and an evaluation of the actual state of art on what comes about conception and dimensioning of building systems of cold water distribution. In this are described the types of systems, installations, materials to apply and the dispositives that should be considered at the elaboration of the project.

In a second phase, the dissertation explores, in a criterious way, the two methods in study. It exposes the calculation processes for the dimensioning of building nets of cold water indicated in the European Normative (EN806-3) and the Portuguese regulation (RGPPDADAR) and refers all the conditionings imposed, mostly at pressures and velocities level.

The third and last part of the document consists in the description of the proposed projects (unifamily and multifamily buildings), in the exposition of the drawing and dimensions of both interior nets of distribution with basis on the two exposed regulations, which are analyzed on the second part of this dissertation. With the results it is realized a thorough comparison of both methods and it is made a listing of the parameters involved in the optimization of all the dimensioning processes of the building systems of cold water distribution in the adoption of each of the methods.

KEYWORDS: building systems; net distributions of water to consume, hydraulic dimensioning, legislation, EN806-3, RGPPDADAR

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO PREDIAL DE ÁGUA	2
1.2. SISTEMA DE BASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA PARA CONSUMO HUMANO	4
1.2.1. CONCEPÇÃO GERAL DOS SITEMAS PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA	4
1.2.2. TIPOS DE ABASTECIMENTOS	5
1.2.3. TIPOS DE INSTALAÇÕES – LOCALIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DAS CANALIZAÇÕES	9
1.3. MATERIAIS	11
1.3.1. POLICLORETO DE VINILO (PVC)	12
1.3.2. POLICLORETO DE VINILO CLORDADO (PVC-C)	14
1.3.3. POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)	15
1.3.4. POLOPROPILENO (PP)	17
1.3.5. POLIETILENO RETICULADO DE ALTA DENSIDADE (PEX)	18
1.3.6. COBRE	19
1.3.7. AÇO	21
1.3.8. AÇO INOXIDÁVEL	22
1.3.9. AÇO GALVANIZADO	23
1.3.10. MULTICAMADA	25
1.3.11. QUADRO SÍNTESE	26
1.4. SISTEMAS DE BOMBAGEM	27
1.4.1. DESCRIÇÃO	27
1.4.2. DIMENSIONAMENTO	28
1.5. RESERVATÓRIOS	31
1.6. DISPOSITIVOS	33
1.6.1. CONTADORES	33
1.6.2. VÁLVULAS	35

2. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO	37
2.1. LEGISLAÇÃO	37
2.2. REGULAMENTO GERAL DOS SISTEMAS PÚBLICOS E PREDIAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS (DECRETO REGULAMENTAR 23/95, DE 23 DE AGOSTO)	38
2.2.1. INTRODUÇÃO	38
2.2.2. DETERMINAÇÃO DE CAUDAL DE CÁLCULO	38
2.2.3. CÁLCULO DE DIÂMETROS	47
2.2.4. QUANTIFICAÇÃO DE PERDAS DE CARGA	48
2.2.5. PRESSÕES	51
2.3. NORMA EUROPEIA EN806-3, SPECIFICATIONS FOR INSTALLATIONS INSIDE BUILDINGS CONVEYING WATER FOR HUMAN CONSUMPTION – PART 3 : PIPE SIZING – SIMPLIFIED METHOD	52
2.3.1. INTRODUÇÃO	52
2.3.2. DETERMINAÇÃO DE CAUDAL DE CÁLCULO	53
2.3.3. CÁLCULO DE DIÂMETROS	55
2.3.4. QUANTIFICAÇÃO DE PERDAS DE CARGA	56
2.3.5. PRESSÕES	56
3. CASOS DE ESTUDO / RESULTADOS	57
3.1. INTRODUÇÃO	57
3.2. EDIFÍCIO UNIFAMILIAR	57
3.2.1. DISCRIÇÃO	57
3.2.2. TRAÇADO	58
3.2.3. DIMENSIONAMENTO	60
3.3. EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR	64
3.3.1. DISCRIÇÃO	64
3.3.2. TRAÇADO	65
3.3.3. DIMENSIONAMENTO	66
3.4. ANÁLISE / COMPARAÇÃO DOS REGULAMENTOS FACE AOS RESULTADOS OBTIDOS	70
4. SÍNTESE E CONCLUSÕES	73
BIBLIOGRAFIA	79

ANEXOS E PEÇAS DESENHADAS	81
A1. EDIFÍCIO UNIFAMILIAR – TRAÇADO/DIMENSIONAMENTO (PLANTAS)	83
A2. EDIFÍCIO UNIFAMILIAR – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO (EXCEL)	85
A3. EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR – TRAÇADO/DIMENSIONAMENTO (PLANTAS)	87
A4. EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO (EXCEL).....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 - Representação de uma rede de distribuição de água	4
Fig. 1.2 - Esquema de um sistema direto de abastecimento	6
Fig. 1.3 - Esquema de um sistema indireto por gravidade	6
Fig. 1.4 - Esquema de um sistema indireto com bombagem	7
Fig. 1.5 - Esquema de um sistema indireto hidropneumático	7
Fig. 1.6 - Esquema de um sistema misto	8
Fig. 1.7 - Esquema de uma instalação rígida com tubagens embutidas nas paredes	10
Fig. 1.8 - Esquema de uma instalação flexível com tubagens embutidas no pavimento	11
Fig. 1.9 - Tubagens PVC	12
Fig. 1.10 - Tubagens PV-C	14
Fig. 1.11 - Tubagens PEAD	15
Fig. 1.12 – Tubagens PP	16
Fig. 1.13 – Tubagens PEX	17
Fig. 1.14 – Bainha de tubagem PEX	18
Fig. 1.15 – Tubagens de Cobre	20
Fig. 1.16 – Tubagens de Aço	21
Fig. 1.17 – Tubagens de Aço inoxidável	23
Fig. 1.18 – Tubagens de Aço galvanizado	24
Fig. 1.19 – Tubagem Multicamada	25
Fig. 1.20 – Esquema de um reservatório hidropneumático	30
Fig. 1.21 – Esquema de um reservatório	32
Fig. 1.22 – Localização da instalação dos contadores	34
Fig. 1.23 – Esquema com tipos de distribuição dos contadores	34
Fig. 1.24 – Válvula de seccionamento	35
Fig. 1.25 – Válvula de retenção	35
Fig. 1.26 – Válvula de segurança	36
Fig. 1.27 – Válvula redutora	36
Fig. 1.28 – Válvula reguladora	36
Fig. 2.1 – Curvas de dimensionamento do RGSPDADAR (método Delebecque)	42
Fig. 2.2 – Gráfico para determinação do diâmetro mínimo	44
Fig. 2.3 – Gráfico para determinação do coeficiente de simultaneidade	44

Fig. 2.4 – Esquema do processo para determinação do diâmetro	47
Fig. 2.5 – Representação do comprimento equivalente	50
Fig. 2.6 – Tabela dos comprimentos equivalentes	50
Fig. 2.7 – Linha de energia entre 2 pontos.....	52
Fig. 2.8 – Gráfico para determinação do caudal de cálculo	54
Fig. 3.1 – Corte do edifício unifamiliar utilizado no estudo	58
Fig. 3.2 – Planta do piso 1 do edifício unifamiliar com o respetivo traçado da rede de abastecimento	59
Fig. 3.3 – Planta do piso 1 do edifício unifamiliar com o respetivo dimensionamento segundo os dois métodos.....	63
Fig. 3.4 – Corte do edifício multifamiliar utilizado no estudo	64
Fig. 3.5 – Planta de uma fracção situado no rés-do-chão do edifício multifamiliar com o respetivo traçado da rede de abastecimento	65
Fig. 3.6 – Planta de uma fracção situada no 1º piso do edifício unifamiliar com o respetivo dimensionamento segundo os dois métodos	70

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 1.1 – Diâmetros das tubagens de PVC	13
Quadro 1.2 – Diâmetros das tubagens de PVC-C	14
Quadro 1.3 – Diâmetros das tubagens de PEAD.....	16
Quadro 1.4 – Diâmetros das tubagens de PP.....	17
Quadro 1.5 – Diâmetros das tubagens de PEX	19
Quadro 1.6 – Diâmetros das tubagens de Cobre.....	20
Quadro 1.7 – Diâmetros das tubagens de Aço	22
Quadro 1.8 – Diâmetros das tubagens de Aço inoxidável	23
Quadro 1.9 – Diâmetros das tubagens de Aço galvanizado	24
Quadro 1.10 – Diâmetros das tubagens Multicamada	26
Quadro 1.11 – Quadro síntese das aplicações e custos dos diferentes materiais	27
Quadro 2.1 – Caudais mínimos de acordo com o Decreto Regulamentar nº23/95, 1995	38
Quadro 2.2 – Número de fluxómetros em utilização simultânea de acordo com D.R 23/95, 1995.....	40
Quadro 2.3 – Coeficiente de simultaneidade dos aparelhos da rede predial de abastecimento	43
Quadro 2.4 – Tabela de pesos dos aparelhos	46
Quadro 2.5 – Factor rugosidade do material.....	49
Quadro 2.6 – Caudais instantâneos de acordo com a EN806-3.....	53
Quadro 2.7 – Parte da tabela de dimensionamento fornecida pela EN806-3 relativamente aos tubos de cobre	55
Quadro 3.1 – Folha de cálculo utilizada para o dimensionamento seguindo o RGSPDADAR.....	60
Quadro 3.2 – Folha de cálculo utilizada para o dimensionamento seguindo a EN806-3	61
Quadro 3.3 – Resultados obtidos no dimensionamento segundo os dois métodos para o edifício unifamiliar	61
Quadro 3.4 – Diferenças de resultados obtidos com a aplicação dos dois métodos para o edifício unifamiliar	62
Quadro 3.5 – Resultados obtidos no dimensionamento segundo os dois métodos para uma fracção situada no 4º e 5º piso do edifício multifamiliar	66
Quadro 3.6 – Resultados obtidos no dimensionamento segundo os dois métodos para uma fracção situada no 3º andar do edifício multifamiliar.....	67
Quadro 3.7 – Resultados obtidos para as duas colunas montante projectadas para o edifício multifamiliar	68
Quadro 3.8 – Diferenças dos resultados obtidos com a aplicação dos dois métodos para o edifício multifamiliar	69

Quadro 4.1 – Dimensionamento efectuado para banheira, chuveiro e maquina de lavar louça	75
---	----

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Q_a – Caudal acumulado [l/s]

Q_c – Caudal de cálculo [l/s]

Q_{ref} – Caudal de referência [l/s]

D – Diâmetro da tubagem [mm]

D_i – Diâmetro interno da tubagem [mm]

DN – Diâmetro Nominal da tubagem

v – Velocidade de escoamento [m/s]

γ – Peso volúmico do líquido [N/m³]

g – Aceleração gravítica [m/s²]

Z – cota de um determinado ponto [m]

ΔZ – Variação de cota [m]

L – Comprimento da tubagem [m]

J – Perda de carga [m.c.a/m]

ΔH_t – Perda de carga total [m]

Δh – Perda de carga devido a uma variação de cotas [m]

P_{mon} – Pressão a montante [Pa]

P_{jus} – Pressão a jusante [Pa]

b – factor de rugosidade do material

K – coeficiente de simultaneidade

n – numero de dispositivos

n_{mod} – numero de dispositivos modificado

p – peso dos dispositivos

EN - Norma Europeia

EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PE - Polietileno

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PEBD - Polietileno de Baixa Densidade

PEMD - Polietileno de Média Densidade

PEX - Polietileno Reticulado

PP - Polipropileno

PVC - Policloreto de Vinilo

PVC-C - Policloreto de Vinilo Clorado

RGSPDADAR- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

CTSB – Centre Scientifique et Technique du Batiment

1

INTRODUÇÃO

As instalações prediais de distribuição de água aparecem na engenharia civil pela necessidade de assegurar um fornecimento de água potável, com níveis de conforto e qualidade apropriados às exigências de utilização, concebendo uma ligação da rede pública de abastecimento de água e os dispositivos finais dos consumidores domésticos.

Em Portugal, as instalações prediais de abastecimento de água têm estado ao longo dos últimos anos a sofrer uma refletida mas continua evolução, quer ao nível dos dispositivos, materiais e equipamentos, quer ao nível da sua concepção e dimensionamento, com vista principalmente à minoração de custos e ao aumento dos níveis de conforto.

Os projetos de dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água são cada vez mais minuciosos devido às imposições das entidades que os controlam e às exigências dos promotores tendo em vista satisfazer maiores níveis de conforto e segurança aos utilizadores. Por regra, os cálculos para o abastecimento predial de água são acompanhados por outros documentos complementares como por exemplo, pormenores construtivos das tubagens, traçado da rede domiciliária, traçado isométrico, pormenores das ligações, esquemas construtivos ou desenho dos órgãos acessórios à rede.

A complexidade intrínseca à execução de projetos de instalações prediais, compostos por inúmeros elementos e variáveis, levam à obrigatoriedade de se estabelecer critérios e métodos para a sua realização. Para isso foram sendo elaborados normas, que ao longo dos tempos, tem vindo a sofrer modificações acompanhando a evolução ocorrida nas instalações prediais de abastecimento de água.

Atualmente porque existe uma situação dispar nas normas que tratam esta matéria, em face da existência de, por um lado, o regulamento português e, por outro lado, a Norma Europeia tornam o sistema de dimensionamento menos uniforme. A possibilidade de aplicação de ambas as normas quando existem algumas diferenças e contradições entre elas, essencialmente em termos de dimensionamento, faz com que exista uma certa incerteza em todo o processo de dimensionamento.

Integrada no âmbito das redes prediais de distribuição de água e centrando-se, em particular, nos edifícios residenciais e nos dois tipos de normas existentes, a presente dissertação pretende analisar e expor as diferenças que resultam da utilização dos dois tipos de normas relativos ao dimensionamento das redes prediais e caso seja possível criar mecanismos e indicar parâmetros de optimização para o dimensionamento e na sua aplicação.

O presente estudo está organizado em quatro capítulos, dois capítulos iniciais de carácter informativo, um capítulo de demonstração e análise de resultados e um capítulo final onde estão expostas as conclusões recolhidas na realização da dissertação.

No capítulo 1 é feita uma caracterização do estado atual das instalações prediais de abastecimento de água. Nesta parte da dissertação faz-se referência à história e à evolução do abastecimento de água para consumo humano, são expostos os tipos de sistemas prediais de abastecimento de água e os tipos de instalações possíveis. Também se apresentam os materiais existentes e normalmente utilizados neste tipo de redes de abastecimento. Estão ainda retratados e analisados neste capítulo os dispositivos que devem ser considerados na execução de um sistema predial de abastecimento de água como contadores, válvulas, sistemas elevatórios ou reservatórios.

No capítulo 2 apresentam-se as principais regras e imposições presentes no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de água e de Drenagem de Águas Residuais [2] e na Norma Europeia EN806-3 [1] relativamente ao dimensionamento das tubagens das redes prediais de distribuição de água para consumo humano. São expostos os vários métodos de dimensionamento impostos ou permitidos por ambas as normas, designadamente: valores de caudais a considerar, processos de cálculo das perdas de carga, limites de velocidades e pressões a ser respeitadas.

No capítulo 3 faz-se uma referência e análise a dois edifícios utilizados para o estudo e comparação do RGSPDADAR [2] e da EN806-3 [1]. Neste capítulo estão expostos os dimensionamentos efectuados para o edifício unifamiliar e para o multifamiliar e é feita uma análise aprofundada dos resultados obtidos em ambos os casos, com base nas duas normas. Com os resultados obtidos no dimensionamento e a análise às duas normas são apresentados alguns parâmetros que permitam a optimização na escolha de uma ou outra metodologia.

O capítulo 4 é o capítulo conclusivo onde apresentam as conclusões que é possível retirar partindo da parte informativa dos dois primeiros capítulos e os resultados da análise dos dimensionamentos efectuados assim como as medidas sugeridas para que se possa obter uma correcta optimização na realização de dimensionamentos em sistemas de abastecimento predial de água fria.

1.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A necessidade de utilização de água para abastecimento é indissociável da história da humanidade, a água foi, desde sempre, um factor fundamental para o desenvolvimento da civilização humana. A importância deste bem fez com que durante a história da humanidade se tenham verificado progressivos desenvolvimentos nas técnicas de transporte e distribuição de água para consumo humano.

As primeiras referências de utilização dos sistemas de distribuição de água estão ligadas à antiga Babilónia (4500 a.c.) onde foi descoberto a existência de redes de canalizações feitas com pequenos tubos de grés ligados uns nos outros. Posteriormente a civilização egípcia foi a primeira a construir aquedutos para fornecimento de água.

A grande utilização dos sistemas de distribuição de água surgiu nas civilizações gregas e romanas, no auge da civilização grega, as cidades já apresentavam grandes e extensos sistemas de distribuição domiciliária de água. Assim, a partir dos cursos naturais, a água era desviada, correndo sob os pavimentos dos arruamentos, com derivações que passavam para o interior das habitações. A cidade de Atenas já possuía uma norma sobre o uso de água e na cidade de Roma o consumo de água por habitante era já semelhante ao de algumas cidades atuais.

O primeiro grande aqueduto romano (Aqua Appia) foi construído em 312 a.c. com uma extensão de 17 km. Assinala-se que este aqueduto foi utilizado para transporte de água até épocas relativamente

recentes. Por outro lado, refere-se que o aqueduto de águas livres, em Lisboa, foi concluído em pleno século XIX.

Os romanos nos sistemas de abastecimento de água também foram responsáveis por desenvolver sistemas de aquecimento de água para os seus “banhos” e criaram sistemas de alimentação de água quente e fria predial, onde em alguns casos já utilizavam torneiras.

No século III D.C., em Roma, para uma população de 700.00 a 1.000.000 de habitantes, o sistema de distribuição de água da cidade já possuía 247 reservatórios, 11 grandes banhos terminais, 926 banhos públicos e 1.212 chafarizes.

Após o declínio do império romano não houve nenhuma evolução notável a nível dos sistemas de abastecimento de água, tendo mesmo havido um retrocesso nas condições de salubridade.

Os sistemas de abastecimento de água apenas teve novo avanço significativo a partir do século XIX, pois por exemplo, apenas neste período Londres e Paris dispuseram de um adequado sistema publico de abastecimento de água. No século anterior (XVIII), em Inglaterra, verificou-se a invenção do autoclismo por parte de Joseph Bramah.

A primeira aplicação do cloro como desinfetante de água de abastecimento, foi feita, na Inglaterra, por Sir Alexander Houston em 1905 que constituiu um grande passo para a melhoria na qualidade da água, passado 5 anos esta pratica de desinfecção da água de abastecimento foi aplicada em Nova Jersey nos EUA.

A banheira individual com água quente e fria só surgiu na segunda metade do século XIX, sendo atribuída, nos EUA, a Adam Thompson e a Benjamim Franklin e o termo-acumulador foi criado em 1892 por Sir James Dewar, tendo sido adaptado para uso doméstico em 1904.

Na primeira metade do século XX, as principais invenções e inovações neste domínio aconteceram nos EUA. Assim, em 1906 surge a máquina de lavar roupa elétrica e em 1939 a máquina de lavar louça elétrica.

A partir do século XX a concepção das redes interiores teve significativos avanços essencialmente no desenvolvimento dos seus dispositivos e no processo de cálculo do seu dimensionamento. Verificou-se um grande progresso, tanto nos materiais utilizados para o transporte de água como nos dispositivos de controlo de pressão e caudais (grupos elevatórios, válvulas, etc). Em relação aos materiais das tubagens, a grande revolução aconteceu no decurso do século XX com o aparecimento das tubagens feitas em materiais plásticos, antes disso o abastecimento de era efetuado por canalizações rígidas onde era predominante o uso de ferro galvanizado.

Atualmente o desenvolvimento das redes interiores passa, para além do desenvolvimento de materiais e dispositivos, pela criação de soluções técnicas e modelos que permitam uma redução de custos de investimento e ou de manutenção decorrentes dos preços da água e da energia. O conforto no abastecimento predial de água é outra temática relevante e objecto de estudo, a necessidade de haver um progresso e aumento no nível de conforto nas redes internas de abastecimento de água e nos seus dispositivos de utilização levam a necessidade de um estudo aprofundado dos consumos e dos padrões reais de utilização e de um aperfeiçoamento dos métodos e modelos de cálculo de forma a otimizar o dimensionamento em função da dinâmica das utilizações.

1.2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO

1.2.1. CONCEPÇÃO GERAL DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A experiência adquirida ao longo do tempo assim como a evolução das tecnologias possibilitaram a criação de critérios e de métodos eficazes para concepção e dimensionamento de projetos de execução de sistemas de distribuição predial de abastecimento de água, existindo vários manuais que apoiam a legislação em vigor, para a resolução dos inúmeros problemas que surgem sobre este tema.

A realização destes sistemas passa, fundamentalmente, por duas fases distintas. Numa primeira etapa procede-se a realização do traçado, tendo em conta as leis e características existentes do local de implantação do projeto. Analisando as condições existentes elabora-se uma rede de abastecimento otimizada respeitando os outros projetos das restantes especialidades. Numa segunda etapa realiza-se os cálculos que, sustentados na legislação e em certas normas, determinam as dimensões das canalizações que constituem a rede.

Os sistemas prediais de abastecimento de água são constituídos por vários elementos que fazem a ligação desde a conduta de abastecimento público até ao dispositivo mais distante do último piso do edifício. Apresentam-se, de seguida, os diferentes ramais de ligação das redes, sendo que, a conexão entre os mesmos, é realizada através de órgãos e acessórios diversos (juntas de ligação, caixas de derivação, válvulas);

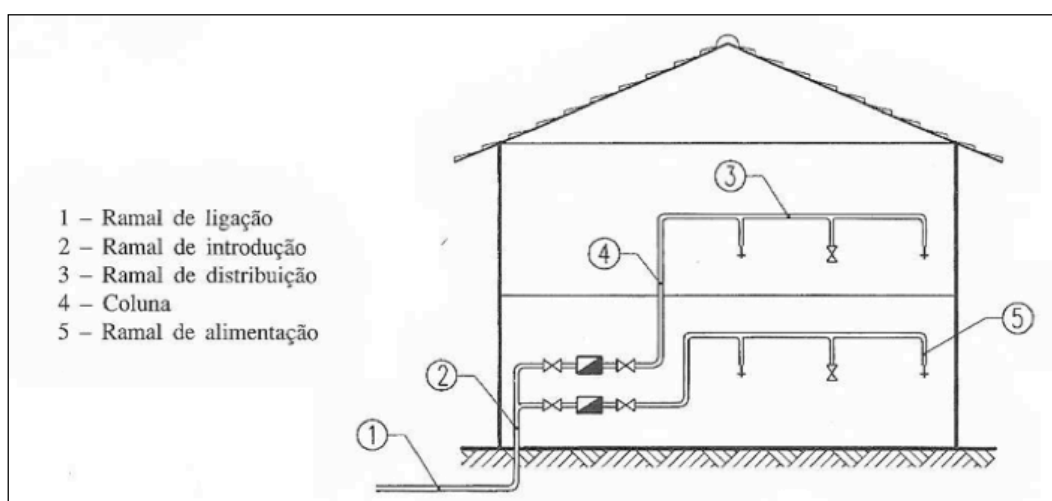


Fig.1.1 – Representação de uma rede predial de distribuição de água

A alimentação de água, nos sistemas prediais, normalmente é garantida pela rede pública de distribuição, sendo a sua ligação efetuada pelo ramal de ligação, da responsabilidade da entidade gestora do sistema de distribuição pública de água. A localização da conduta exterior assim como a posição prevista para o contador são o ponto de partida a qual se faz o desenvolvimento da rede interior. De salientar que todos os edifícios novos, remodelados ou ampliados devem prever redes prediais de abastecimento de água, independentemente da existência ou não das redes públicas no local, sendo obrigatória a ligação às redes públicas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais domésticas, quando existam ou venham a ser instaladas. As redes prediais a dimensionar,

mesmo em zonas onde a rede pública é inexistente, devem ser executadas de forma a permitir, no futuro, a sua fácil ligação as redes criadas.

Os sistemas prediais de abastecimento de água devem assegurar que a mesma alcance todos os dispositivos de utilização, sempre que necessário, em quantidade e qualidade ajustadas ao seu uso.

Em sistemas prediais onde o abastecimento é efetuado através de várias origens, o fornecimento pela rede pública deve sempre permanecer independente a qualquer outro sistema de distribuição, quer seja de poços ou furos que abasteçam o edifício.

Numa forma geral a primeira abordagem à concepção de um sistema de abastecimento deve ser feita analisando as seguintes questões:

- Existe rede pública? Onde?
- Secção e pressões disponíveis?
- Há escassez de água ou interrupções de fornecimento com frequência?
- Que dimensão tem o edifício? Existem caves?
- Qual o tipo de ocupação?
- É necessário prever reservatórios? Os serviços locais permitem? Em que condições? Sua capacidade e localização? Formas de drenagem de perdas e esvaziamento?
- Precisa de equipamento elevatório de bombagem? Atravancamento e acessibilidade à câmara de manobras?
- É necessária rede de combate a incêndio? De que tipo?
- Previsão do fornecimento de água quente: a que zonas e de que modo?
- Na remodelação ou ampliação de sistemas existentes com aumento de caudal de ponta? Comprova-se a suficiência da capacidade hidráulica de transporte das canalizações e das eventuais instalações complementares a montante, sem prejuízo das condições de funcionamento do sistema na sua globalidade?

Para finalizar, a concepção de um sistema predial de distribuição de água deve resolver problemas numa perspectiva global, técnica e económica de forma coordenada com áreas como a arquitetura, as estruturas e as restantes instalações existentes no edifício

1.2.2. TIPOS DE ABASTECIMENTO

No abastecimento predial de água nem sempre os sistemas públicos possibilitam este se efetue diretamente da rede geral de distribuição com condições de pressão e caudal necessários a garantir uma utilização com a qualidade e quantidade adequadas.

Distingue-se o tipo de alimentação dos sistemas de distribuição predial de água em função da utilização auxiliar de reservatórios de água nos edifícios para o abastecimento da rede.

O **sistema direto** é aquele em que todas as peças de utilização do edifício são ligadas diretamente à rede pública, através de uma rede de distribuição podendo este sistema necessitar, ou não, de um aumento de pressão.

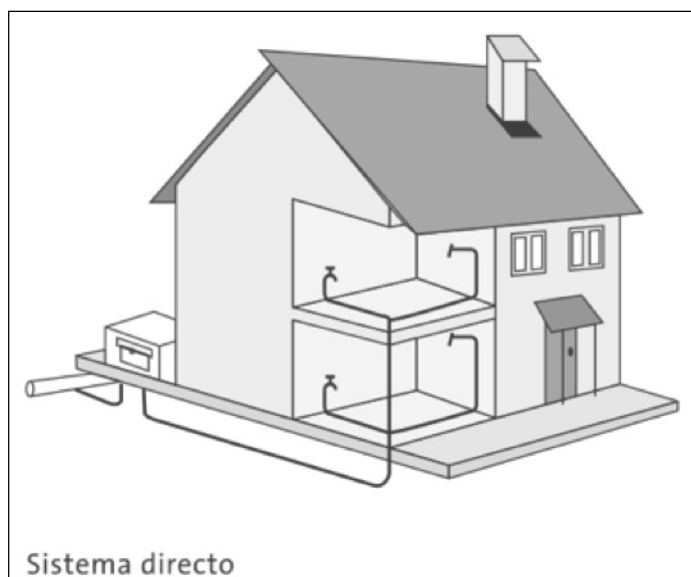


Fig.1.2 – Esquema de um sistema direto de abastecimento [13]

No **sistema indirecto** por gravidade, a rede de distribuição é alimentada por um reservatório elevado. Nestas situações o abastecimento numa primeira fase é feito com o fornecimento de água para um reservatório, normalmente, situado na parte superior do edifício, depois numa segunda fase a água presente no reservatório fornece por gravidade os diferentes dispositivos da edificação.

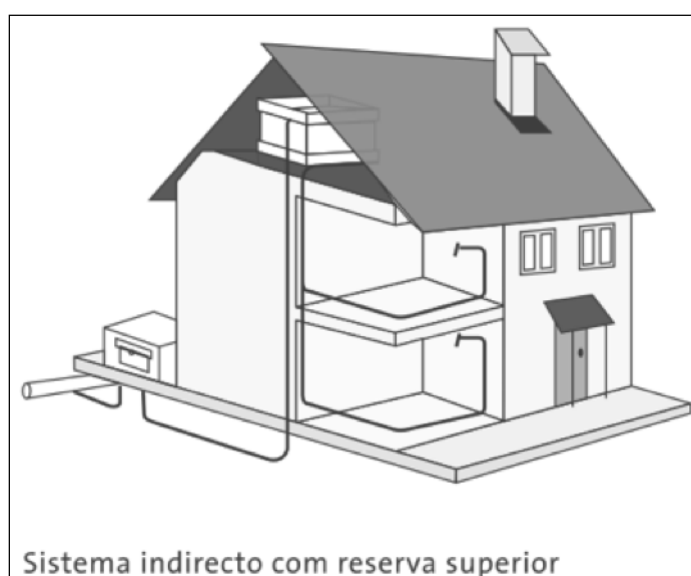


Fig.1.3 – Esquema de um sistema indirecto por gravidade [13]

Sistema indirecto com Bombagem é quando através de um conjunto de bombas a água é elevada até um reservatório superior do edifício e a partir deste a água é distribuída de forma gravítica por toda a rede de abastecimento.

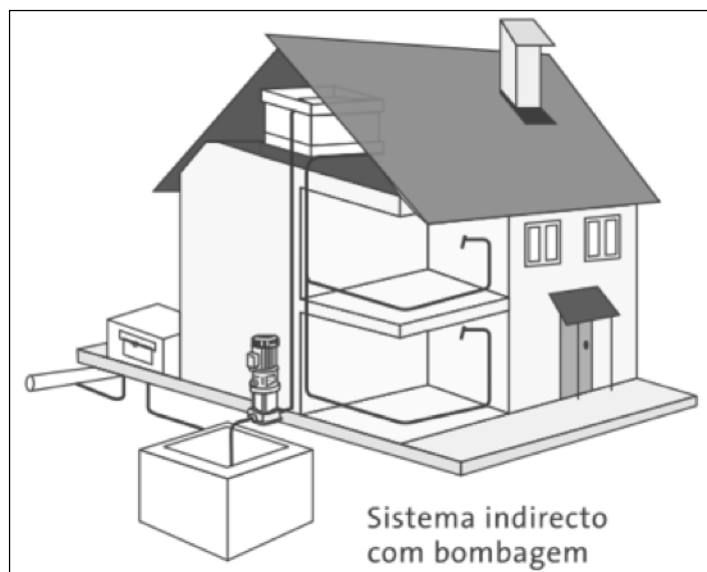


Fig.1.4 – Esquema de um sistema indirecto com bombagem [13]

Sistema indirecto Hidropneumático trata-se de um sistema em que a rede de distribuição é pressurizada através de um tanque de pressão que contém água. Este sistema, normalmente, é utilizado quando a rede pública não fornece a água com as condições pretendidas e quando se deseja um funcionamento do grupo de elevatório pelo menor tempo possível.

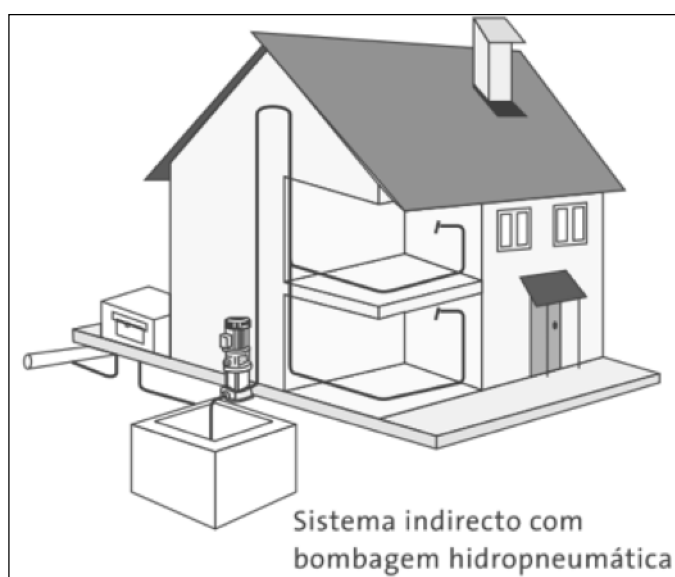


Fig.1.5 – Esquema de um sistema indirecto hidropneumático [13]

No **sistema misto** parte da alimentação da rede de distribuição é realizada diretamente pela rede pública de abastecimento e parte por um reservatório superior do edifício. Nestes sistemas, geralmente, a pressão pública é suficiente para abastecer os pisos inferiores da edificação e os restantes pisos são abastecidos graviticamente através do reservatório.

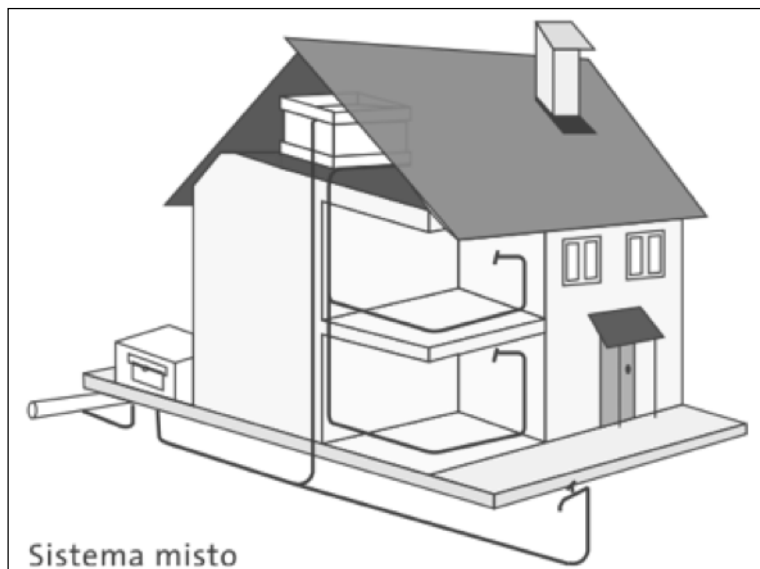


Fig.1.6 – Esquema de um sistema misto [13]

Para que se possa efetuar esta verificação preliminar do sistema mais adequado de abastecimento predial, dando também resposta a algumas das questões já referidas deve obter-se junto das entidades gestoras a informação sobre as condições de abastecimento da rede pública no local onde se deseja executar a edificação.

“e) A pressão de serviço em qualquer dispositivo de utilização predial para o caudal de ponta não deve ser, em regra, inferior a 100 kPa o que, na rede pública e ao nível do arruamento, corresponde aproximadamente a:

$$H=100+40n$$

Onde H é a pressão mínima (kPa) e n o número de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo...” (Art.º 21).

“2 - As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre os 50 kPa e 400 kPa, sendo recomendável, por razões de conforto e durabilidade dos materiais, que se mantenha entre 150 kPa e 300 kPa.” (Art.º 87). [2]

Através da informação, obtida junto da entidade gestora, sobre as pressões disponíveis no local e tendo em conta as condicionantes impostas pelo RGSPDADAR [2] procede-se a escolha do tipo de sistema de alimentação predial que mais se adequa à edificação.

1.2.2. TIPOS DE INSTALAÇÕES – LOCALIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DAS CANALIZAÇÕES

Na realização de redes prediais de abastecimento de água podem adotar-se diversos tipos de localização na execução das redes de distribuição

As canalizações podem ficar embutidas nas paredes ou nos pavimentos, instaladas no tecto, em tecto falso ou instaladas à vista. No caso das tubagens embutidas nos pavimentos os materiais usados devem ser flexíveis e resguardados por uma manga o que torna a escolha dos materiais muito restrita. Na situação de se utilizar canalizações à vista a escolha dos materiais normalmente recai sobre as tubagens metálicas, no caso de se optar por tubagens plásticas estas devem estar cobertas por um material para evitar o seu deterioramento devido à radiação solar.

No RGSPDADAR apresentam vários artigos onde são estabelecidas algumas regras e cuidados a ter com as instalações da rede predial de água. Regras como as descritas em seguida devem ser tomadas em consideração [2].

As canalizações interiores das redes de distribuição de água podem ser instaladas:

- À vista, devidamente suportadas por braçadeiras, cujo afastamento e modo de fixação deve estar de acordo com o diâmetro e material da canalização, bem como das velocidades máximas previstas no escoamento, de modo a evitar transmissão de vibrações, e garantir a estabilidade das braçadeiras;
- Em galerias técnicas, com dimensões que permitam a acessibilidade à canalização em toda a extensão;
- Em piso técnico acessível, devidamente iluminado e arejado;
- Em caleiras acessíveis, destinadas exclusivamente à instalação de rede predial de distribuição de água;
- Em couretes, com acessibilidade em cada piso devidamente fixada através de acessórios específicos. Sempre que estejam instaladas duas ou mais colunas individuais numa mesma courete, deve ser garantido o seu acesso individual. Em seguida apresenta-se esquema exemplificativo:
- Sob tetos falsos visitáveis, respeitando as indicações dadas para a situação em que se encontram à vista;
- Embutidas em pavimentos quando flexíveis e embainhadas;
- Embutidas em paredes.

As canalizações interiores das redes prediais de distribuição de água não devem ficar:

- Revestidas com materiais agressivos e com um recobrimento inferior a 2 cm;
- Sob elementos de fundação ou rigidamente ligados aos mesmos;
- Embutidas em elementos estruturais;
- Embutidas em pavimentos não térreos e com função estrutural, excepto quando flexíveis, embainhadas e envolvidas na camada de enchimento.

Os traçados das tubagens estes devem exibir troços rectilíneos tanto na vertical como na horizontal e ligados por acessórios normalizados (no caso de se tratar de um material rígido), deve ter inclinações de 0,5% nos seus troços horizontais, respeitar os raios de curvatura associado ao material em utilização, manter a ortogonalidade e paralelismo em relação a paredes e pavimento (sendo material rígido) e projetar a rede de distribuição com a menor extensão possível. Na instalação das canalizações de água fria, em situações onde é previsto o abastecimento de água quente, é necessário assegurar que as canalizações de água fria estejam instaladas abaixo da canalização de água quente e a distância mínima entre ambas deve ser de 0,05m.

As tubagens à vista devem estar identificadas por uma cor que simbolize o tipo de líquido que transporta. Os isolamentos utilizados nas tubagens devem possuir um bom desempenho no que toca a degradação e a incombustibilidade.

Atualmente existe vários tipos de instalação possíveis a execução de um abastecimento predial de água fria, podemos ter instalações com as tubagens dispostas em série ou instalações com as tubagens dispostas em paralelo.

As instalações com as tubagens embutidas na parede é uma prática muito usual nas redes prediais de distribuição de água, a disposição das canalizações pode-se observar na figura 7.

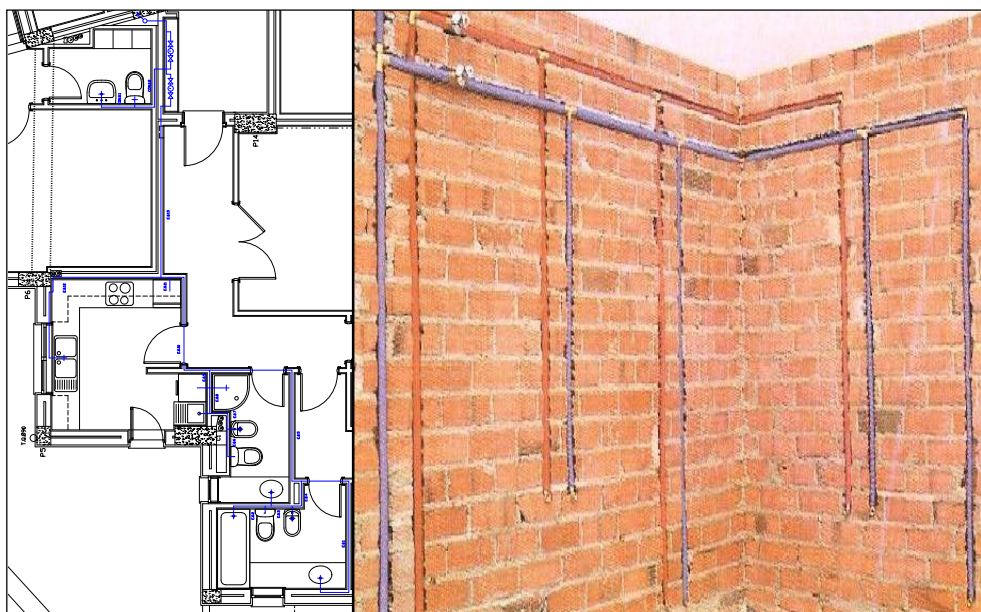


Fig.1.7 – Esquema de uma instalação rígida com tubagens embutidas nas paredes

Este tipo de canalizações é habitualmente escolhida quando se está perante tubagens com materiais rígidos (plásticos ou metálicos). A rigidez de grande parte dos materiais existentes no mercado faz com que a sua instalação tenha que se efetuar por troços rectilíneos (horizontais ou verticais) e por isso a aplicação nos edifícios passa por embutir as tubagens nas paredes desde que estas não apresentem qualquer função estrutural. Esta instalação com as canalizações dispostas em série pode ser feita com as tubagens colocadas à vista, por elementos livres (tectos falsos, galerias, caleiras, etc)

Outro tipo de instalações das redes de distribuição predial são as instalações onde as tubagens estão embutidas no pavimento. Neste caso, os materiais plásticos flexíveis, são essenciais para possibilitar a execução deste tipo de instalações, tubagens em PEX são geralmente as escolhidas. A disposição das tubagens neste tipo de instalações está demonstrada na figura 1.8.

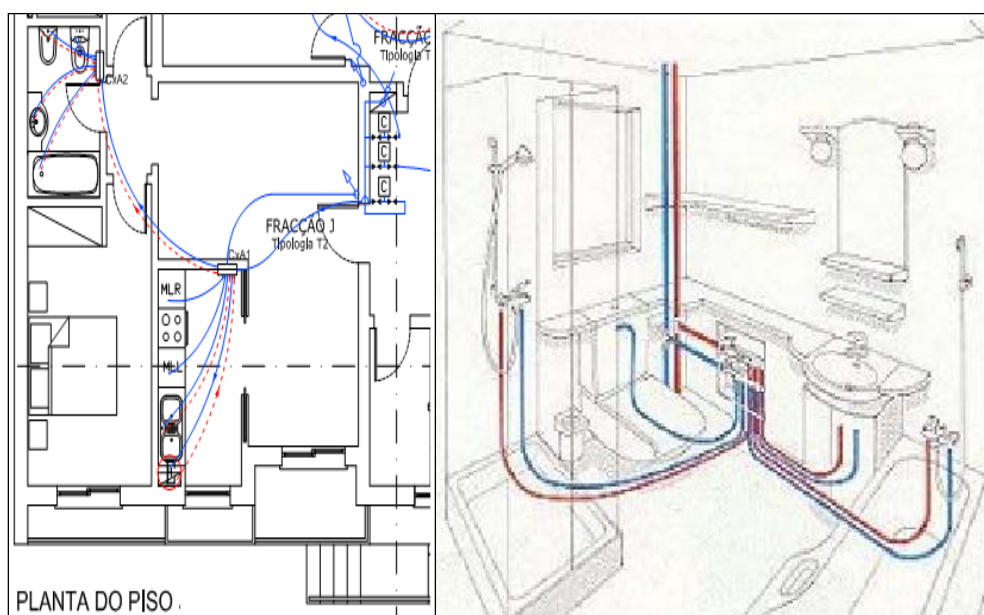


Fig.1.8 – Esquema de uma instalação flexível com tubagens embutidas no pavimento

Instalações como a que está presente na figura 8 apresentam vantagens em relação as habituais instalações embutidas na parede. A disposição das tubagens em paralelo possibilita a utilização de diâmetros inferiores, diminui os problemas de variação de pressão e caudais existentes nas instalações em série e leva a uma menor aplicação de acessórios na rede. A reparação da tubagem danificada neste tipo de instalação é muito mais eficaz e rápida para além que não impossibilita o funcionamento das restantes.

1.3. MATERIAIS

A escolha dos materiais na execução de canalizações para os sistemas de abastecimento predial é muito vasta, no mercado existe uma grande diversidade de materiais que podem ser utilizados pelos projetistas para a realização das redes de abastecimento. Os materiais utilizados neste tipo de projetos podem ser metálicos ou plásticos, a utilização de cada um na construção tem vindo a sofrer mudanças ao longo destes anos.

Na primeira metade do séc. XX, os materiais utilizados nas redes prediais de águas e esgotos eram, em geral, do tipo rígido, metálicos ou não. Nos esgotos, utilizava-se essencialmente o grés, embora o ferro fundido - e mesmo o fibrocimento - tivessem também algum campo de aplicação. Nas águas, os materiais metálicos dominavam e, nos anos 50/60 o ferro galvanizado dominava as opções, em particular no que se refere aos pequenos diâmetros.

A utilização de chumbo nas ligações era frequente, mas o conhecimento entretanto adquirido no que se refere aos malefícios deste metal pesado no âmbito da saúde pública (diminuição do coeficiente de inteligência, atrasos na aprendizagem da linguagem, lacunas na capacidade de coordenação motora,

etc), levou à erradicação deste material em novas instalações e a uma preocupação generalizada no sentido da sua substituição nas instalações existentes

A evolução industrial operada no pós-guerra, em particular no que se refere aos materiais plásticos, trouxe para o sector das instalações prediais, nas décadas de 60/70, a oferta de tubagens de polietileno (de baixa densidade e, posteriormente, de alta densidade) e de policloreto de vinilo (PVC) que vieram revolucionar os sistemas de abastecimentos de água.

A aplicação de materiais metálicos tem vindo a ser drasticamente reduzida, devido ao surgimento dos polímeros que apresentam várias vantagens quanto a ausência de corrosão, flexibilidade, leveza e são mais económicos.

Na seleção do material deve-se ter em avaliação vários factores, desde o tipo de água a ser transportada, a presença de substâncias como cloretos, a sua temperatura, o tipo de utilização, o meio onde irá ser instado, do tipo de instalação desejada e o preço do material

Relativamente a este assunto, o RGSPDADAR refere no Artigo nº 99 que as tubagens e os acessórios que constituem as redes interiores podem ser, entre outros, de cobre, aço inoxidável, aço galvanizado ou PVC rígido, sendo que PVC rígido apenas no caso de canalizações não serem afectadas a sistemas de combate a incêndios. Para as redes exteriores o regulamento diz que as tubagens e acessórios podem ser de ferro fundido, fibrocimento, polietileno ou PVC rígido.

Os materiais normalmente utilizados nas redes interiores de abastecimento de água fria encontram-se indicados e descritos nos tópicos seguintes.

1.3.1. POLICLORETO DE VINILO (PVC)

A criação do PVC surgiu por volta do séc. XIX sendo que só na década de 30 do século passado é que aparecem os primeiros tubos PVC no sector da construção capazes de fazer um abastecimento com as características adequadas, tubos de PVC passaram a possuir uma boa resistência química e ausência de gosto e odor.

O PVC é um material plástico composto por cloro e etileno, é criado através de repetidos processos de polimerização que transformam hidrocarbonetos, existentes em materiais como o petróleo, em um único composto chamado polímero.



Fig.1.9 – Tubagens PVC

Os tubos de policloreto de vinilo permitem uma gama elevada de diâmetros e de espessuras. As variações de espessuras num tubo de PVC, faz com que haja várias classes de pressão à escolha do projetista em função das pressões a que a canalização vai ser sujeita. No mercado existem tubos de pressão de 0.6MPa a 2.0 MPa mas no abastecimento de água normalmente são utilizados apenas tubos da classe 1.00MPa e de 1.6MPa. Nos diâmetros a gama varia dos 16mm até aos 800mm. Em seguida é apresentada a tabela frequentemente utilizada na realização dos sistemas de abastecimento predial de água:

Quadro 1.1 – Diâmetros das tubagens de PVC [8]

Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)			
			Classe de pressão 1.0 (MPa)		Classe de pressão 1.6 (Mpa)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
16	16.0	16.3	-	-	1.2	1.6
20	20.0	20.3	1.2	1.6	1.5	1.9
25	25.0	25.3	1.2	1.6	1.9	2.3
32	32.0	32.3	1.6	2.0	2.4	2.9
40	40.0	40.3	1.9	2.3	3.0	3.5
50	50.0	50.3	2.4	2.9	3.7	4.3
63	63.0	63.3	3.0	3.5	4.7	5.4
75	75.0	75.3	3.6	4.2	5.6	6.4
90	90.0	90.3	4.3	5.0	6.7	7.6
110	110.0	110.4	5.3	6.1	8.2	9.3
125	125.0	125.4	6.0	6.8	9.3	10.5

Um dos aspectos importantes de salientar no material é que, face a sua fraca resistência térmica, apenas pode ser utilizado para tubagens de água fria. A escolha do PVC para a criação de redes de abastecimento tem como vantagens a resistência à corrosão de maior parte dos agentes químicos, por se tratar de um péssimo condutor elétrico, pelo facto de ser um material termoplástico o que permite o seu manuseamento quando expostos a um calor intenso, é um material leve que facilita o transporte e a montagem, apresenta uma rugosidade interior baixa que provoca perdas de carga reduzidas face as mesmas perdas dos materiais não plásticos e por fim trata-se de um material atóxico que torna-o um bom material para o transporte de água potável. As características menos positivas do material estão relacionadas com as dilatações térmicas que este apresenta, a fraca resistência ao choque, a pouca resistência à acção das radiações ultravioleta e pelo facto de possuírem uma certa permeabilidade ao vapor de água e a gases.

1.3.2. POLICLORETO DE VINILO CLORADO (PVC-C)

A criação do PVC-C surgiu pela necessidade de se obter mais soluções para a utilização de plásticos nas redes de abastecimento de água quente, o aumento do teor de cloro nos tubos de PVC fez aumentar a sua resistência térmica. A aplicação deste material no mercado português ficou disponível a partir da década 90 depois do material ter sido homologado pelo LNEC.



Fig.1.10 – Tubagens PVC-C

A semelhança das tubagens PVC, o PVC-C apresenta uma gama elevada de diâmetros e de espessuras. Diâmetro de 12 aos 110mm e espessuras para classes de pressões de 1.6, 2.0 e 2.5MPa permitem o ajuste mais próximo das necessidades do projeto de abastecimento e dos limites do material.

Quadro 1.2 – Diâmetros das tubagens de PVC-C [11]

Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)		
			Classe de pressão (MPa)		
	Mínimo	Máximo	1.6	2.0	2.5
12	12.0	12.3	1.4	1.4	1.4
14	14.0	14.3	1.6	1.6	1.6
16	16.0	16.3	1.6	1.9	1.8
20	20.0	20.3	1.6	1.9	2.3
25	25.0	25.3	1.9	2.3	2.8
32	32.0	32.3	2.4	2.9	3.6
40	40.0	40.3	3.0	3.7	4.5
50	50.0	50.3	3.7	4.6	5.6
63	63.0	63.3	4.7	5.8	7.1
75	75.0	75.3	5.5	6.8	8.4
90	90.0	90.3	6.6	8.2	10.1
110	110.0	110.4	8.1	10.0	12.3

Este material pode ser aplicado em redes de água fria e de água quente, a sua utilização em sistemas de combate a incêndios não é válida. PVC-C apresenta vantagens como a rigidez que possui, a baixa densidade, a facilidade que apresenta na sua instalação e execução, boa resistência a produtos químicos, elevada resistência à oxidação, boa resistência a altas temperaturas, boa resistência ao desgaste e baixa rugosidade interna. As desvantagens deste material estão na sua baixa resistência aos raios ultravioletas, na baixa resistência ao choque, na grande dilatação que pode provocar e as consideráveis perdas de cargas localizadas.

1.3.3. POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

Polietileno é um plástico, translúcido, termoplástico, flexível em pequenas espessuras, inodoro e não tóxico, decompondo-se a uma temperatura próxima dos 300 °C. O tubo em polietileno de Alta densidade é um dos 3 tipos de polietilenos (PE) que podemos encontrar no mercado para a realização de redes de abastecimento. Os outros dois tipos de polietilenos, polietilenos de baixa densidade e polietilenos de media densidade não serão analisados pelo facto de ambos serem materiais muito pouco utilizados.



Fig.1.11 – Tubagens de PEAD

A sua utilização no abastecimento é normalmente feita quando se trata de um abastecimento que necessite a grandes diâmetros e em casos como centros comerciais ou espaços públicos que não necessitem de água quente.

Tubagens em PEAD aparecem no mercado com uma enorme gama de diâmetros nominais, variando dos 16mm até aos 1200mm, sendo que para o abastecimento de água a gama a considerar seja apenas até 125mm.

Quadro 1.3 – Diâmetros das tubagens de PEAD [8]

Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)	
			Classe de pressão (1MPa)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
20	20.0	20.3	2.0	2.4
25	25.0	25.3	2.3	2.8
32	32.0	32.3	3.0	3.5
40	40.0	40.4	3.7	4.3
50	50.0	50.4	4.6	5.3
63	63.0	63.6	5.8	6.6
75	75.0	75.7	6.9	7.8
90	90.0	90.9	8.2	9.3
110	110.0	111.0	10.0	11.2
125	125.0	126.2	11.4	12.8

A aplicabilidade deste material nas redes de abastecimento de água é limitada aos sistemas de água fria, a fraca resistência térmica do material não permitem a sua aplicação nos circuitos de água quente e nos sistemas de combate a incêndios. O PEAD apresenta uma baixa densidade e uma boa flexibilidade que torna fácil o seu manuseamento e aplicação, é um material com boa resistência ao choque, a produtos químicos e à oxidação, por fim é um material que conduz a uma perda de carga continua baixa pelo facto de possuir uma rugosidade interior muito pequena. As contrapartidas deste material residem no facto de ser um material pouco resistente a temperaturas elevadas, de apresentar baixa resistência a pressões elevadas e de ser vulnerável aos raios ultravioletas.

1.3.4. POLOPROPILENO (PP)

O polipropileno começou a ser utilizado em sistemas de abastecimento água no fim do século passado, trata-se de um termoplástico com origem no grupo dos polímeros poliolefinicos, sendo um dos plásticos de massa mais importantes. O polipropileno possui propriedades muito parecidas às do polietileno de alta densidade, sendo um material com menor densidade, maior rigidez e dureza e com um ponto de amolecimento mais elevado.

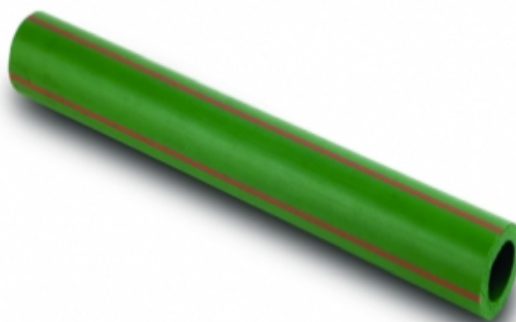


Fig.1.12 – Tubagens de PP

Quadro 1.4 – Diâmetros das tubagens de PP [8]

Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
16	16	16.3	2.7	3.2
20	20	20.3	3.4	4.0
25	25	25.3	4.2	4.8
32	32	32.3	5.4	6.2
40	40	40.4	6.7	7.6
50	50	50.5	8.4	9.5
63	63	63.6	10.5	11.8
75	75	75.7	12.5	14.0
90	90	90.9	15.0	16.7

Os tubos de polipropileno possuem propriedades que permitem a sua utilização em redes de abastecimento de água fria e de água quente. A sua utilização em sistemas de combate a incêndios, à semelhança dos outros plásticos, fica descartada. As principais características que favorecem a utilização deste material são o baixo custo, a elevada resistência química, a fácil moldagem e instalação, elevada resistência mecânica, boa resistência à oxidação, boa resistência ao desgaste e baixa rugosidade interior. As desvantagens deste material estão na obrigatoriedade de construção de uma rede linear de canalização que provoca perdas de carga localizadas significativas, na exigência de mão-de-obra especialidade para as uniões, na baixa resistência aos raios ultravioletas e a grande dilatação que o material pode provocar.

1.3.5. POLIETILENO RETICULADO DE ALTA DENSIDADE (PEX)

O polietileno reticulado surge da reticulação a que o polietileno de alta densidade é sujeito. A sua composição é semelhante à do polietileno de alta densidade mas o facto de as suas fibras passaram a estar dispostas em forma de rede faz com que este material adquira uma maior resistência mecânica e à temperatura. A resistência térmica do polímero passa dos 20° suportados pelo PEAD para os 95° o que torna válida a sua utilização em redes de água quente.

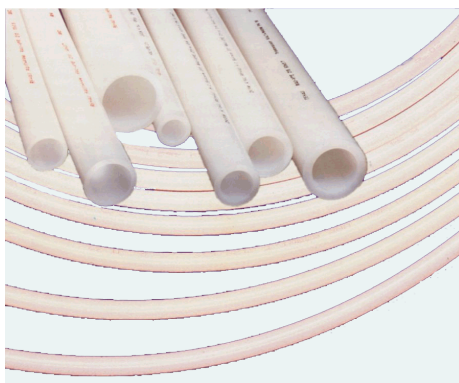


Fig.1.13 – Tubagens de PEX

Este material pode ser embutido no pavimento, parede ou tecto. A sua possibilidade de aplicação no pavimento é algo de diferencia este material dos restantes materiais normalmente utilizados nos sistemas de abastecimento de água. O tubo de PEX pode ou não estar revestido por uma manga de proteção que podem ser de polipropileno ou polietileno. A colocação desta manga permite que o tubo possa sofrer dilatações, tanto axiais como radiais e permite uma fácil remoção do tubo para reparação ou substituição sem que seja necessário abrir o pavimento, ou a parede onde o tubo se encontra instalado.



Fig.1.14 – Bainha de tubagem PEX

No mercado a sua gama de diâmetros é extensa e vai desde o diâmetro de 12mm ao diâmetro 160mm e com dois tipos de espessuras de parede para o mesmo diâmetro caracterizadas por duas classes distintas de pressão.

Quadro 1.5 – Diâmetros das tubagens de PEX [10]

DN (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)			
			Classe de pressão (MPa)			
			1.25		2.0	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
12	12.0	12.3	1.3	1.6	1.7	2.0
16	16.0	16.3	1.5	1.8	2.2	2.6
20	20.0	20.3	1.9	2.2	2.8	3.2
25	25.0	25.3	2.4	2.8	3.5	4.0
32	32.0	32.3	3.0	3.4	4.4	5.0
40	40.0	40.4	3.7	4.2	5.5	6.2
50	50.0	50.5	4.6	5.2	6.9	7.7
63	63.0	63.6	5.8	6.5	8.6	9.6
75	75.0	75.7	6.8	7.6	10.3	11.5
90	90.0	90.9	8.2	9.1	12.3	13.7
110	110.0	111.0	10.0	11.1	15.1	16.8
125	125.0	126.2	11.4	12.7	17.1	19.0
140	140.0	141.3	12.7	14.1	19.2	21.3
160	160.0	161.5	14.6	16.2	21.9	24.2

O PEX é um tipo de tubagem que pode ser utilizada para o abastecimento de água fria e de água quente. A sua aplicação em sistemas de combate a incêndio à semelhança dos outros plásticos não é válida. É um material com grandes vantagens para a realização de sistemas de abastecimento de água pois é um tipo de tubagem que apresenta valores de perdas de carga continua e localizada baixos, é um material de fácil manuseamento, de aplicação e de reparação, tem boa resistência ao choque e a produtos químicos, elevada resistência à oxidação e boa resistência a temperaturas elevadas. As suas desvantagens estão relacionadas com a sua vulnerabilidade aos raios ultravioletas, a necessidade de utilização de caixas de derivação, a sua permeabilidade aos gases e a sua baixa resistência a pressões muito elevadas

1.3.6. COBRE

O cobre, como elemento metálico, é retirado na natureza e é depois trabalhado na indústria metalúrgica, que o produz com variadas características. A utilização deste material para o transporte de água é a mais antiga de todas as tubagens aqui retratadas, existindo provas que o seu uso remonta ao tempo antigo do Egito.

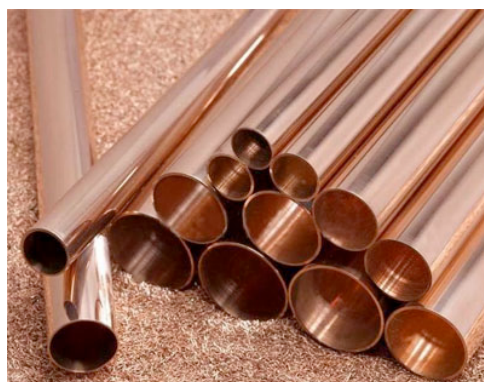


Fig.1.15 – Tubagem de Cobre

Nas redes de abastecimento de água são utilizados 3 tipos distintos de cobre. Conforme as necessidades da canalização pode optar-se por tubagens de cobre recozidas, endurecidas ou meio endurecidas, sendo que o primeiro tipo de cobre referenciado apresenta características mais frágeis comparativamente as restantes. Nas redes de abastecimento de água para consumo, normalmente, são utilizados os tubos de cobre meio endurecidos e de espessura media em quanto que nas redes de combate a incêndios a sua realização passa por tubos de cobre endurecidos de espessura elevada.

O uso do cobre, nestes sistemas de distribuição de água, tem vindo a decrescer essencialmente devido ao seu peso e à possibilidade de se originarem fenómenos de corrosão.

Quadro 1.6 – Diâmetros das tubagens de cobre [9]

DN (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)	Tolerância (%)	
	Mínimo	Máximo		Espessura <1mm	Espessura ≥ 1mm
6.0	5.96	6.04	0.6/0.8/1.0	± 10	± 13
8.0	7.96	8.04	0.6/0.8/1.0	± 10	± 13
10.0	9.96	10.04	0.6/0.7/0.8/1.0	± 10	± 13
12.0	11.96	12.04	0.6/0.8/1.0	± 10	± 13
15.0	14.96	15.04	0.7/0.8/1.0	± 10	± 13
18.0	17.96	18.04	0.8/1.0	± 10	± 15
22.0	21.95	22.05	0.9/1.0/1.2/1.5	± 10	± 15
28.0	27.95	28.05	0.9/1.0/1.2/1.5	± 10	± 15
35.0	34.94	35.06	1.2/1.5	± 10	± 15
42.0	41.94	42.06	1.2/1.5	± 10	± 15
54.0	53.94	54.06	1.2/1.5/2.0	± 10	± 15
64.0	63.93	64.07	2.0	± 10	± 15

66.7	66.63	66.77	1.2	± 10	± 15
76.1	76.03	76.17	1.5/2.0	± 10	± 15
88.9	88.83	88.97	2.0	± 10	± 15
108.0	107.93	108.07	1.5/2.5	± 10	± 15
133.0	132.8	133.2	1.5/3.0	± 10	± 15
159.0	158.8	159.2	2.0/3.0	± 10	± 15
219.0	218.4	219.6	3.0	± 10	± 15
267.0	266.4	267.6	3.0	± 15	± 15

Este material apresenta uma vasta lista de aplicações, pode ser aplicado no abastecimento de água para transporte de água fria, água quente e água para combate a incêndios como em outro tipo de sistemas como painéis solares, sistemas de radiação entre muitos outros tipos de utilizações. As vantagens deste material residem no facto de este apresentar grande resistência a temperaturas elevadas, de mostrarem uma boa resistência mecânica, de ser um material com uma superfície interior lisa o que leva a reduzidas perdas de carga continua, de não mostrar dilatações significativas e de ser um material com propriedades bactericidas, inibindo o crescimento bacteriano. Apresenta desvantagens como dificuldade no seu manuseamento, elevadas perdas de cargas localizadas, baixa capacidade de retenção de calor e sensibilidade à corrosão em zonas onde existe contacto com meios de pH diferentes, desigual temperatura ou humidade, alcalinidade, na presença de nitratos ou diferentes quantidades de oxigénio

1.3.7. Aço

Aço trata-se de uma liga metálica constituída maioritariamente por ferro e também por carbono. Até meados do século passado, a utilização deste tipo de tubagens para sistemas de distribuição de água para consumo humano eram bastante comum mas com a chegada dos polímeros o uso deste material tem vindo a decrescer. A capacidade dos polímeros terem grande resistência à corrosão tornou a utilização de aço menos apetecível. Contudo ainda é um material muito utilizado nas redes de combate a incêndio.



Fig.1.16 – Tubagens de Aço

Quadro 1.7 – Diâmetros das tubagens de aço [8]

Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)
	Mínimo	Máximo	
8	13.2	14.0	2.3
10	16.7	17.5	2.3
15	21.0	21.8	2.6
20	26.5	27.3	2.6
25	33.3	32.2	3.2
32	42.0	42.9	3.2
40	47.9	48.8	3.2
50	59.7	60.8	3.6
65	75.3	76.6	3.6
80	88.0	89.5	4.0
100	113.1	115.0	4.5
125	138.5	140.8	5.0
150	163.9	166.5	5.0

A sua aplicação é válida para os diferentes tipos de abastecimento de água, pode ser usado nos sistemas de água fria, água quente e nos sistemas de combate a incêndios. Aço tem vantagens como a sua boa resistência a produtos químicos, ao choque e a temperaturas bastante elevadas, sofre de dilatações muito reduzidas e apresenta uma grande durabilidade. As grandes desvantagens do material estão relacionadas com a sua baixa resistência à corrosão, de apresentar valores de rugosidade mais elevados que outros materiais existentes no mercado e de levar a perdas de carga localizadas significativas.

1.3.8. AÇO INOXIDÁVEL

O aço inox é um material que apresenta uma elevada resistência á corrosão e que tem uma durabilidade superior a muitos dos outros materiais antes apresentados. Dentro dos aços inox existem, devido a constituição das suas ligas, 4 grupos distintos, os aços inox austeníticos, ferríticos, martensíticos e endurecidos por precipitação sendo que nas redes de abastecimento a utilização resume-se aos aços austeníticos e ferríticos pelo facto de estes apresentarem uma grande resistência à corrosão.



Fig.1.17 – Tubagens de aço inoxidável

A sua alta resistência à corrosão e a sua grande durabilidade, tornam o aço inoxidável num material metálico bastante utilizado em tubagens de transporte de água para consumo humano. A elevada resistência à corrosão que caracteriza o material está associada à corrosão generalizada porque o material não deixa de estar sensível à corrosão localizada que pode acontecer por picadas ou corrosão intersticial.

Quadro 1.8 – Diâmetros das tubagens de aço inoxidável [8]

Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)
	Mínimo	Máximo	
10	9.940	10.045	0.6
12	11.940	12.045	0.6
15	14.940	15.045	0.6
18	17.940	18.045	0.7
22	21.950	22.055	0.7
28	27.950	28.055	0.8
35	34.965	35.070	1.0
42	41.965	42.070	1.1
54	53.840	54.070	1.2

É um material que pode ser utilizado em todas as fases do abastecimento de água, quer esta seja água quente, água fria ou para combate a incêndios. Aço inoxidável é um tipo de tubagem que ostenta várias vantagens na sua utilização, é um material com grande resistência mecânica, boa resistência à erosão e boa resistência a produtos químicos e a líquidos com temperaturas elevadas. Estas vantagens tornam o aço inoxidável um material de muita durabilidade podendo atingir um período de 100 anos com o seu correto funcionamento, para além deste tipo de vantagens este material é também

caracterizado por apresentar uma baixa rugosidade o que leva a perdas de carga contínuas de valores baixos. Em contrapartida o aço inoxidável tem desvantagens como a baixa resistência à corrosão localizada, elevadas perdas de cargas localizadas pelo facto de ser um material rígido e rectilíneo e desvantagens relacionadas com o peso do material que dificulta a sua instalação e o seu preço que comparativamente aos materiais plásticos é bem mais elevado.

1.3.9. AÇO GALVANIZADO

O aço galvanizado surgiu nas redes de abastecimento como um aço que conseguia ter uma resistência considerável à oxidação, com uma camada de zinco em volta da tubagem este ganhava uma proteção anticorrosiva.



Fig.1.18 – Tubagens de aço galvanizado

Este material apresenta uma gama elevada de diâmetros e pelas suas resistências térmicas e mecânicas a sua utilização num edifício pode ser muito vasta, desde todo o tipo de instalações de abastecimento de água até instalações de distribuição de gás ou ar condicionado.

Quadro 1.9 – Diâmetros das tubagens de aço galvanizado [8]

Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura (mm)
	Mínimo	Máximo	
8	13.2	14.0	2.3
10	16.7	17.5	2.3
15	21.0	21.8	2.6
20	26.5	27.3	2.6
25	33.3	32.2	3.2
32	42.0	42.9	3.2
40	47.9	48.8	3.2

50	59.7	60.8	3.6
65	75.3	76.6	3.6
80	88.0	89.5	4.0
100	113.1	115.0	4.5
125	138.5	140.8	5.0
150	163.9	166.5	5.0

As tubagens em aço galvanizado permitem o abastecimento de água fria e quente assim como podem ser utilizadas nas redes de segurança contra incêndios. As vantagens deste material residem no facto de ser um material bastante rígido, com grande durabilidade, com boa resistência à corrosão, mecânica e ao fogo. Apresenta também aspectos positivos quanto a boa condutibilidade térmica e coeficiente de dilatação baixo. Por outro lado a corrosão, rugosidade, peso e o preço são factores que colocam duvidas na utilização deste material. Apesar de ser um material revestido por uma camada para evitar problemas de corrosão ele não fica livre de sofrer este tipo de problemas particularmente quando entra em contacto com meios que possuem condutividade eletrolítica. O peso elevado não é um factor que ajude na sua instalação assim como o preço superior aos materiais plásticos não é algo que estimule os projetistas a escolher o material para uma rede de abastecimento de água.

1.3.10. MULTICAMADA

O tubo multicamada aparece no mercado com a particularidade de conseguir combinar vantagens das tubagens plásticas e das tubagens metálicas, a sua composição regularmente é caracterizada por duas camadas plásticas e uma camada intermédia metálica (normalmente alumínio). No mercado este tipo de material apresenta uma gama de produtos muito extensa, podendo ser constituído por duas a cinco camadas.

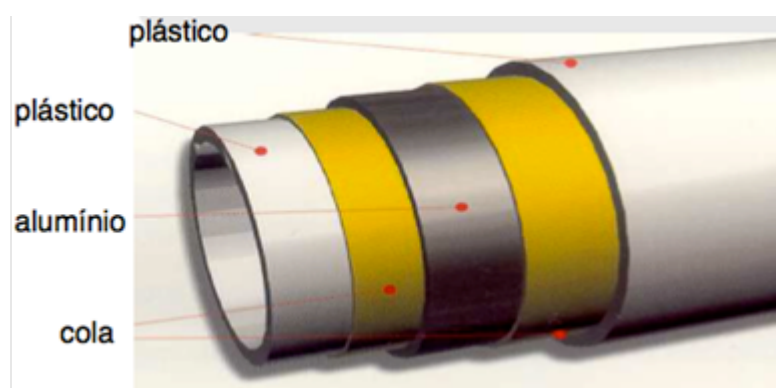


Fig.1.19 – Tubagem Multicamada

Trata-se de uma tubagem que, pelas suas características, pode ser instalada tanto em série como em paralelo e ainda pode ser embutida no pavimento.

Quadro 1.10 – Diâmetros das tubagens multicamada

Diâmetro Nominal (mm)	Espessura (mm)	Rolo/vara	Comprimento (m)
16	2.0	Rolo	100
	2.0	Rolo	200
20	2.0	Rolo	100
26	3.0	Rolo	50
	3.0	Vara	4
32	3.0	Rolo	25
	3.0	Rolo	50
	3.0	Vara	4
40	3.5	Vara	4
50	4.0	Vara	4
63	4.5	Vara	4

É uma tubagem que pode ser utilizada tanto para a distribuição de água fria como de água quente. A colocação deste material nas redes de distribuição traz varias vantagens ao nível da aplicação, a sua distribuição em forma de rolo e a deformabilidade do material permitem a criação de troços não rectilíneos e diminuem a necessidade de utilizar acessórios o que reduz as perdas de carga ao longo da rede de abastecimento. Outras vantagens deste material residem no facto de apresentar uma baixa condutibilidade térmica, inexistência de condutibilidade eléctrica, um bom comportamento face ao fogo, impermeabilidade a gases, boa resistência ao desgaste e uma boa redução de ruído presente nas tubagens. Os aspectos menos positivos deste material estão relacionados com a baixa gama de diâmetros existentes no mercado, o preço deste tipo de tubagens é mais elevado que os outros tubos plásticos e a dificuldade de reparação dos tubos quando estes estão embutidos.

1.3.11. QUADRO SÍNTESE

O quadro seguinte apresenta um resumo das aplicações válidas para cada material e os respectivos custos da sua instalação. A análise dos custos de instalação é um estudo comparativo, onde os materiais que estão classificados com valor 1 são os materiais mais económicos de todas as soluções apresentadas e os materiais com valor de 5 são os mais dispendiosos.

Quadro 1.11 – Quadro síntese das aplicações e custos dos diferentes materiais

Material	Água de consumo humano		Rede de combate a incêndios	Custo da instalação	Normas
	Fria	Quente			
PVC	✓	x	x	1	NP EN ISO 1452
PVC-C	✓	✓	x	1	EN ISO 15877
PEAD	✓	x	x	3	NP EN 12201
PP	✓	✓	x	2	NP EN ISO 15874
PEX	✓	✓	x	2	NP EN ISO 15875
Cobre	✓	✓	✓	4	NP EN 12449
Aço	✓	✓	✓	4	NP EN 10216
Aço Inox	✓	✓	✓	5	NP EN 10216
Aço Galvanizado	✓	✓	✓	5	NP EN 1123
Multicamada	✓	✓	x	3	NP EN ISO 21003

1.4. SISTEMAS DE BOMBAGEM

1.4.1. DESCRIÇÃO

O sistema de bombagem surge nos sistemas prediais de distribuição de água para garantir o cumprimento das condições mínimas de pressão necessárias em todos os pontos da rede. A utilização de sistemas de bombagem nos circuitos de distribuição de água, através da transformação de energia mecânica em energia hidráulica, permitem que a água atinja uma determinada cota com pressão necessária de forma a assegurar as condições mínimas de escoamento.

A aplicação deste tipo de dispositivo para colmatar problemas de pressão insuficiente em alguns pontos da rede levam ao aparecimento de excesso de pressão em dispositivos que se encontram mais próximos do sistema de bombagem. Para estes casos de sobrepressão devem ser instalados aparelhos redutores de pressão de forma a garantir um bom funcionamento e durabilidade dos dispositivos.

Sistemas de bombagem são aparelhos mecânicos e por isso estão sempre sujeitos a avarias, para prevenir que este tipo de incidentes paralise o abastecimento de água, a colocação de dois ou mais grupos de bombagem torna-se indispensável.

As instalações elevatórias ou sobrepressoras devem ser localizadas em zonas comuns e ventiladas, que permitam uma fácil inspeção e manutenção e ser equipadas com grupos electrobomba e dotadas de dispositivos de comando, assim como proteção contra o choque hidráulico, de segurança e de alarme, e de acessórios indispensáveis ao seu funcionamento e manutenção. Os grupos electrobomba devem ser de funcionamento automático e possuir características que não alterem a qualidade da água

Na rede de abastecimento de água podem ser utilizados vários tipos de sistemas de bombagem, sendo que a sua escolha é determinada pelas condições fornecidas e as condições exigidas pela rede. A sua escolha pode passar por:

- Elevação da água por bombagem para um reservatório instalado no topo do edifício, água essa proveniente diretamente da rede pública ou depositada em um reservatório situado na base do prédio;
- Sobrepressão através de bombagem da água que advém diretamente da rede pública ou depositada em reservatório de armazenamento instalado na base do edifício;
- Sobrepressão por bombagem de água diretamente proveniente da rede pública ou depositada em reservatório instalado na base do edifício, para um reservatório metálico e em pressão (sistema hidropneumático).

O processo de elevar a água por bombagem para um reservatório situado no topo do edifício é normalmente utilizado em locais onde o fornecimento de água ou eletricidade não é constante, o facto de o abastecimento, numa segunda fase, se realizar por gravidade permite que não haja um funcionamento constante por parte do grupo elevatório ou sobrepressor. Neste sistema o fornecimento do reservatório que está instalado no cimo do edifício pode ser feito através da bombagem de água diretamente da rede pública ou com a utilização de um reservatório na base do edifício.

A sobrepressão por bombagem direta de água pode realizar-se de duas maneiras: por elevação, através de um reservatório situado na base do edifício ou bombeando diretamente a água que advém da rede pública para os dispositivos finais da rede de abastecimento predial. Este tipo de instalação elevatória é bastante utilizada em Portugal, o facto de ser um sistema que aproveita a pressão da água proveniente da rede pública e de exigir grupos de bombagem menos potentes, torna-a a mais económica.

A utilização de um sistema hidropneumático é outro modo de bombagem de água com muita utilização em Portugal, este grupo elevatório consiste num reservatório, uma bomba, equipamentos de reposição de ar (compressor) e um sistema de controlo dos níveis de pressão. A pressão exigida pela rede é obtida através de uma compressão do ar existente dentro do reservatório instalado, o reservatório utilizado não tem a função de armazenar água mas sim de limitar o número de arranques dos grupos de sobrepressão tendo em atenção o caudal de bombagem e os limites de pressão exigidos pela rede. É um sistema que devido a capacidade de minimizar os arranques do grupo de bombeamento permite obter vantagens nos gastos económicos, na durabilidade do próprio sistema de bombeamento e na diminuição de vibrações e ruídos que estão relacionados com o seu funcionamento.

1.4.2. DIMENSIONAMENTO

Após um estudo das perdas de carga associadas a todo o sistema de abastecimento precede-se ao dimensionamento do grupo elevatório.

O método de dimensionamento de um grupo elevatório começa pelo calculo da potência, que a bomba, necessita de ter para que o abastecimento seja conseguido. Para tal é preciso determinar a altura manométrica total resultante da soma da altura manométrica de aspiração e da altura manométrica de compressão.

A altura manométrica de aspiração (H_a) pode ser obtida através da equação (1.1).

$$H_a = Z_a + \frac{V}{2 \cdot g} + J_a \quad (1.1)$$

Na expressão anterior, v significa a velocidade do líquido à entrada da bomba, J_a a perda de carga sofrida do ponto de captação até a bomba e Z_a a altura medida a partir do ponto de entrada de água até ao dispositivo elevatório. No caso da bombagem se realizar diretamente da rede pública esta parcela da altura manométrica tem valor nulo pelo facto se não ser necessário a aspiração da água.

De modo semelhante a altura manométrica de compressão (H_c) pode ser calculada através da seguinte expressão (1.2).

$$H_c = Z_c + \frac{V_1}{2 \cdot g} + \frac{V_2}{2 \cdot g} + J_c \quad (1.2)$$

Neste caso existe duas parcelas relativas à velocidade que correspondem a velocidade do líquido à saída da bomba (V_1) e no final do troço de compressão (V_2).

Somando as duas expressões 1.1 e 1.2 e desprezando a parcela da velocidade do líquido ($v^2/2g$) tem-se a altura manométrica total que o grupo elevatório precisa de atingir para que o abastecimento seja realizado. Geralmente as perdas de carga na saída ($v^2/2g$) representam uma pequena percentagem do valor da altura manométrica total e são geralmente negligenciáveis. Sendo assim a obtenção da altura manométrica total pode ser calculada pela seguinte expressão (1.3).

$$H_t = H_a + H_c = Z_a + J_a + Z_c + J_c \quad (1.3)$$

Com o conhecimento da altura manométrica (H_t) necessária, do caudal a bombear (Q_b), do peso volúmico do líquido (γ) e do rendimento da bomba (η) determina-se a potência da bomba. Calculo esse representado pela expressão (1.4)[13]:

$$P_b = \frac{\gamma \cdot Q_b \cdot H_t}{\eta} \quad (1.4)$$

Nos sistemas hidropneumáticos o dimensionamento passa também pela determinação do volume a considerar para reservatório hidropneumático existente no grupo elevatório.

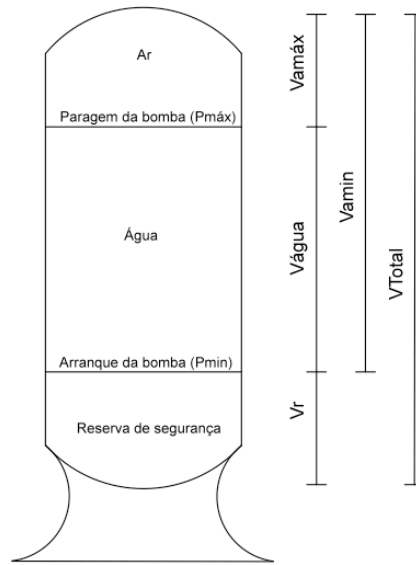


Fig.1.20 – Esquema de um reservatório hidropneumático

Os reservatórios hidropneumáticos são dimensionados tomando por base a "Lei de Boyle-Mariotte", a qual refere que o volume ocupado por uma dada massa de gás, mantendo constante a temperatura, varia na razão inversa das pressões que suporta, e que é expressa por:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = const \quad (1.5)$$

em que P_1 e P_2 representam as pressões de sujeição, V_1 e V_2 os correspondentes volumes ocupados e c é uma constante (constante dos gases perfeitos).

Considerando o reservatório representado na figura (1.18), onde $P_{máx}$ representa o nível máximo de água a que corresponde a pressão de paragem do elemento de bombagem, P_{min} representa o nível mínimo a que corresponde a pressão de arranque do elemento de bombagem, V_{amin} o volume de ar a que corresponde a pressão mínima, V_{amax} o volume de ar a que corresponde a pressão máxima, $V_{água}$ o volume de água a introduzir no reservatório e V_r o volume de reserva ou segurança. O volume total pode ser determinado pela seguinte expressão [13]:

$$V_{total} = (V_{água} \cdot (P_{máx} + 1)) / (0,8 \cdot (P_{máx} - P_{min})) \quad (1.6)$$

Sendo que o objectivo dos depósitos hidropneumáticos é o de limitar o número horário de arranques dos grupos de sobrepressão, a expressão que determina o volume total de um reservatório hidropneumático pode ser escrita em função do caudal bombeado e do número de arranques por hora pretendido, como demonstra as seguintes equações [13]:

$$V_{total} = \frac{(1,25 \cdot Q_b \cdot (P_{máx} + 10))}{(4N \cdot (P_{máx} - P_{mín}))} \quad (1.7)$$

$$V_{total} = \frac{(Q_b - P_{máx})}{(4N \cdot P_{máx} - (P_{mín} - 2))} \quad (1.8)$$

Nas expressões anteriores (1.7 e 1.8), N representa o numero de arranques por hora e Q_b o caudal bombado.

A escolha da potência da bomba neste sistema de bombagem, para além da utilização da expressão 1.4, fica refém do número de arranques por hora desejado. Normalmente os fabricantes de sistemas elevatórios costumam fornecer dados do número de arranques ideal em função da potência do motor.

1.5. RESERVATÓRIOS

Num projeto de abastecimento predial de água pode ser necessário por vários motivos a utilização de um reservatório. O RGSPDADAR [2] relativamente a reservatórios, no seu artigo 108º, refere que:

- Os reservatórios prediais têm por finalidade o armazenamento de água à pressão atmosférica, constituindo uma reserva destinada à alimentação das redes dos prédios a que estão associados.
- O armazenamento de água para fins alimentares só é permitido em casos devidamente autorizados pela entidade gestora, nomeadamente quando as características do fornecimento por parte do sistema público não ofereçam as garantias necessárias ao bom funcionamento do sistema predial, em termos de caudal e pressão
- Nos casos referidos no número anterior, a entidade gestora define os aspectos construtivos, o dimensionamento e a localização dos reservatórios.

Como podemos ver pelo artigo 108º do Regulamento Português os reservatórios para armazenamento de água para consumo em edifício devem ser validados, geralmente pelos SMAS, para os casos em que a rede pública não assegura eficazmente os consumos e pressões prediais pretendidas. Prevendo-se a colocação de reservatórios estes são condicionados, por razões de defesa de saúde pública dos utilizadores, à renovação total e pelo menos uma vez por dia, ou seja, o calculo do volume útil dos reservatórios reservados ao consumo humano não deve, excepto em casos convenientemente justificados, superar o valor correspondente ao volume médio diário do mês de maior consumo, para a ocupação previsível. Os reservatórios de água para consumo humano devem também ser sujeitos a operações de inspeção e limpeza periódica.

De acordo com a sua localização os reservatórios podem se repartir em 3 grupos, os reservatórios elevados, reservatórios enterrados e os semienterrados. A escolha da localização recai sobre as necessidades da rede, sendo que a colocação de reservatórios elevados é a habitualmente a opção. A posição dos reservatórios deve possibilitar a sua fácil inspeção e conservação, devem ainda ter proteção térmica e estar distanciados de locais sujeitos a temperaturas extremas.

Os reservatórios podem ser de betão, alvenaria de tijolo ou blocos de cimento, aço ou outros materiais que se manifestem apropriados para conservar a qualidade da água armazenada e os materiais e revestimentos empregados na sua construção não devem deteriorar a qualidade da água afectando a saúde publica.

Na imagem 1.1 pode-se ver um esquema tipo de um reservatório utilizado para no abastecimento predial de água.

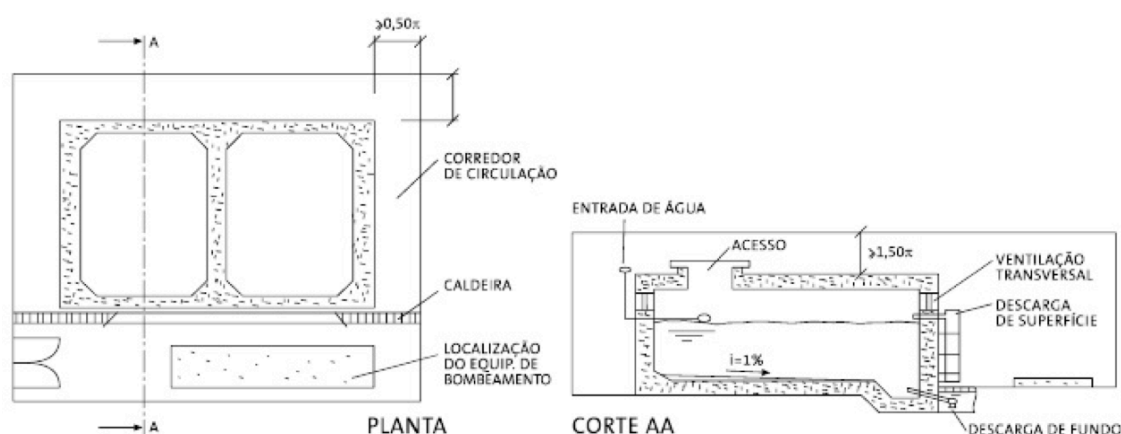


Fig.1.21 – Esquema de um reservatório [13]

Na instalação de um reservatório, de uma forma geral, deve-se ter em atenção as seguintes indicações:

- Reserva suficiente para 24 horas
- Mais de 2 células para permitir a manutenção e reparação do equipamento
- Localização em zonas tecnicamente acessíveis
- Independência do reservatório para com a restante estrutura
- Isolamento térmico quando necessário
- Condições de acesso e de inspeção
- Tampa sobre a válvula de bóia
- A envolvente necessita de estar protegida contra escorrimentos e infiltrações
- Evitar ângulos apertados no reservatório
- Colocar uma pintura interior de proteção
- Aberturas para ventilação
- Soleira com pendente de aproximadamente 1%
- Rebaixo para retenção de “areias”
- Descarga de fundo com válvula
- Descarga de superfície
- Caleira nas proximidades
- Alarme/detenção de fugas de água
- Proteção de aberturas com rede mosquiteiro
- Equipamento e acesso de atravancamento
- Entrada e saída de água em pontos opostos

O dimensionamento do reservatório é realizado de forma a garantir o consumo durante 24 horas dos habitantes do edifício no caso da suspensão do abastecimento da rede pública sendo que esse cálculo é obtido através das captações (estabelecimentos comerciais 50l/hab.dia e Habitações 200l/hab.dia) e das taxas de ocupação existentes no edifício a ser projetado.

1.6. DISPOSITIVOS

1.6.1. CONTADORES

Um contador é um dispositivo de medição instalado e utilizado nos sistemas de abastecimento predial de água de forma a medir o volume de água fornecido pela entidade gestora ao consumidor final. As entidades gestoras, como entidades responsáveis pelo sistema de distribuição pública de água, são quem define o tipo, o calibre e a classe metrológica do contador assim como a aprovação da localização e das respectivas condições de instalação.

Os contadores a instalar necessitam obedecer às qualidades, características metrológicas e condições de instalação estabelecidas pela legislação aplicável. Os parâmetros utilizados para a selecção do tipo de contador são:

- As características físicas e químicas da água;
- A pressão de serviço máxima admissível;
- O caudal de cálculo previsto na rede de distribuição predial;
- A perda de carga que provoca.

É obrigatório instalar um contador por cada consumidor, garantindo-se a medição de todos os consumos, podendo estes ser colocados isoladamente ou em conjunto, formando, deste modo, uma bateria de contadores. No caso de um só contador, este deve ser instalado em caixa regulamentar.

O RGSPDADAR [2], relativamente aos contadores, faz imposições relativamente às condições de instalação e às condições de localização. Quanto à localização do contador o regulamento refere, no seu artigo 107º, que:

- Nos edifícios confinantes com a via ou espaços públicos, os contadores devem localizar-se no seu interior, na zona de entrada ou em zonas comuns consoante se trate de um ou de vários consumidores.
- Nos edifícios com logradouros privados, os contadores devem localizar-se:
 - a) No logradouro junto à zona de entrada contígua com a via pública, no caso de um só consumidor;
 - b) No interior do edifício, em zonas comuns ou no logradouro junto à entrada contígua com a via pública, no caso de vários consumidores.

Em termos de condições de instalação o Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais estabelece, no seu artigo 106º que:

- Os contadores, que devem ser instalados obrigatoriamente um por cada consumidor, podem ser colocados isoladamente ou em conjunto, constituindo, neste último caso, uma bateria de contadores.
- Na bateria de contadores pode ser estabelecido um circuito fechado no qual têm origem os ramais de introdução individuais.
- O espaço destinado aos contadores e seus acessórios deve ser definido pela entidade gestora, através de adequadas especificações técnicas.

Em seguida estão representados 2 formas de instalação para contadores, quer seja um edifício com logradouro privado ou edifícios confinantes com a via pública ou espaços públicos.

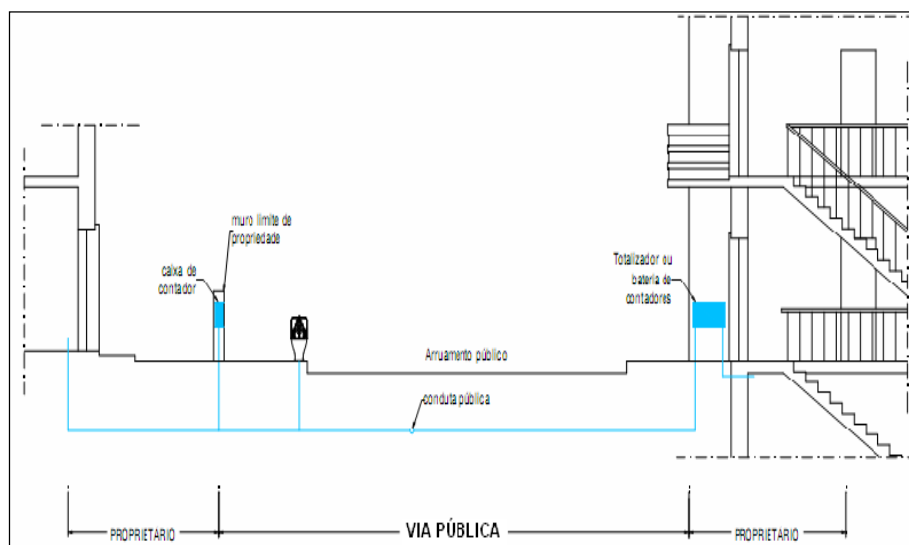


Fig.1.22 – Localização da instalação de contadores

A ilustração seguinte mostra a as diferentes formas de distribuição dos contadores em edifícios com várias frações.

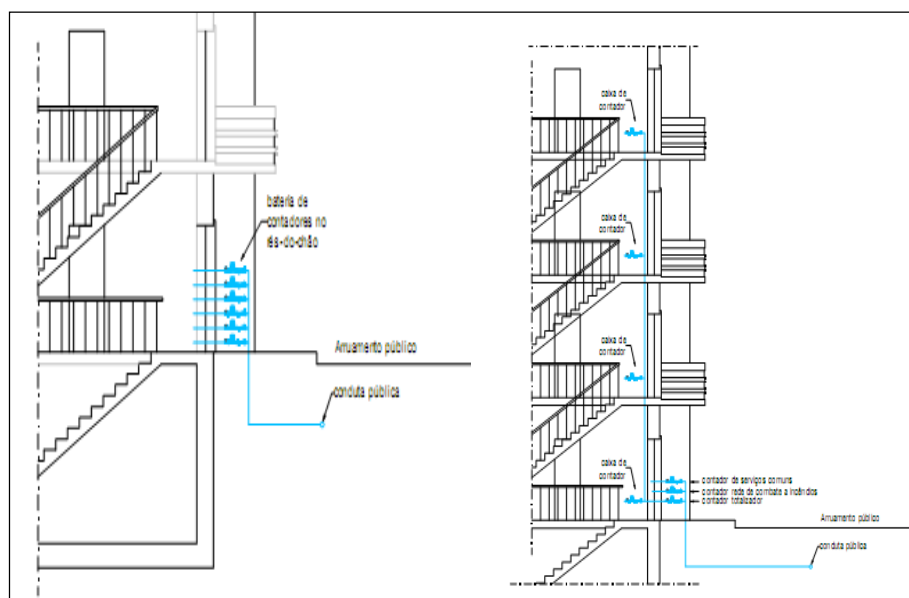


Fig.1.23 – Esquema com tipos de distribuição dos contadores

1.6.1. VÁLVULAS

Válvulas são dispositivos com varias funções aplicados para estabelecer, controlar e interromper a circulação da água nas redes de abastecimento predial de água. São dispositivos de importância fundamental e indispensáveis nas tubagens de uma rede de distribuição predial, e por isso a sua indicação, especificação e localização é feita de uma forma criteriosa por parte do projetista. Algumas asseguram a segurança da instalação, outras proporcionam manobras de direcionamento e controle do fluxo e outras permitem desmontagens para reparações ou substituição de componentes da instalação. Embora tenham funções muito importantes o número possível de válvulas em qualquer projeto deve ser o menor possível, pois encarecem o sistema tanto na montagem como na manutenção. Hidraulicamente provocam um aumento de perdas de carga na rede que leva a um acréscimo nos custos energéticos, além de frequentes perdas materiais com vazamentos.

Devido a sua multiplicidade de funções, existe uma grande diversidade de tipos e subtipos de válvulas, cuja escolha depende não só das características de operação, como da natureza do fluido, condições de pressão, temperatura e forma de acionamento.

O RGSPDADAR [2], no artigo 102º, avisa os casos e os tipos de válvulas onde a sua instalação é obrigatória.

As válvulas de seccionamento tem como função impedir, estabelecer ou condicionar a passagem de água em qualquer dos sentidos. Devem ser aplicadas à entrada dos ramais de introdução individuais, dos ramais de distribuição das instalações sanitárias e das cozinhas e a montante de autoclismos, de fluxómetros, de equipamento de lavagem de roupa e de louça, do equipamento de produção de água quente, de purgadores de água e ainda imediatamente a montante e a jusante de contadores.

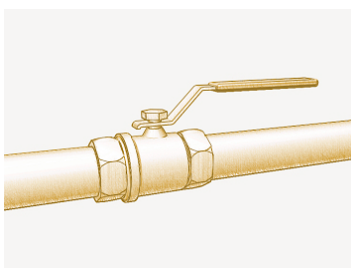


Fig.1.24 – Válvula de seccionamento

As válvulas de retenção servem para impedir a passagem de água num dos sentidos e a seu emprego deve ser a montante de aparelhos produtores-accumuladores de água quente e no início de qualquer rede não destinada a fins alimentares e sanitários;



Fig.1.25 – Válvula de retenção

Válvulas de segurança permite manter a pressão de determinado valor por efeito de descarga e a sua utilização deve se situar na alimentação de aparelhos produtores-acumuladores de água quente;



Fig.1.26 – Válvula de segurança

As válvulas redutoras de pressão consegue manter o a pressão existente nas tubagens abaixo de um determinado valor com a introdução de uma perda de carga, deve ser colocada nos ramais de introdução sempre que a pressão seja superior a 600 kPa e ou as necessidades específicas do equipamento o exijam.



Fig.1.27 – Válvula redutora

Por fim e sem qualquer imposição presente no RGSPDADAR existe as válvulas reguladoras que servem para permitir a regulação o caudal de escoamento que corre na tubagem. Este tipo de válvulas estão referidas no regulamento mas este não exige a sua colocação em nenhum caso específico.



Fig.1.28 – Válvula reguladora

As válvulas podem ser feitas de latão, bronze, aço, PVC ou outros materiais que agrupem as essenciais condições de utilização mas para atenuar os fenómenos de corrosão, o RGSPDADAR impõe o uso de válvulas de material de nobreza igual ou tão próxima quanto possível da do material das canalizações ou a utilização de juntas dieléctricas.

2

Métodos de dimensionamento

2.1. LEGISLAÇÃO

Diplomas regulamentares no domínio das instalações prediais de águas e esgotos tiveram início em 1880 através do diploma publicado denominado de *Regulamento dos encanamentos particulares*.

Posteriormente, em 1943 e 1946, foi publicado o *Regulamento geral das canalizações de águas e esgotos*, diploma este que se manteve quase até à atualidade e serviu de suporte ao dimensionamento das redes prediais de grande maioria das edificações atualmente existentes.

Entretanto até 1994, os sistemas de abastecimento de água eram dimensionados tendo em conta um grupo de Normas Portuguesas existentes e o Manual de Saneamento Básico (D.G.R.N, 1991), normas estas que foram recomendadas pela direcção de Geral da qualidade e pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e nelas eram definidas diretrizes de projeto a seguir assim como exigências a respeitar.

Em 1994, o Decreto-Lei nº 207/94, de 6 de Agosto, veio atualizar a legislação existente em matéria de sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, aprovando os princípios gerais a que devem obedecer a respectiva concepção, construção e exploração e prevendo que a regulamentação técnica daqueles sistemas, bem como as respectivas normas de higiene e segurança seriam aprovadas por decreto regulamentar.

Atualmente em vigor existem os seguintes decretos e normas europeias:

- Decreto-Lei n.º 207/94, de 6/8
Aprova o regime de concepção, instalação e exploração dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais;
- Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23/8 (e Declaração de Rectificação n.º 153/95, de 30/11)
Aprova o *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais* (RGSPDADAR);
- EN 806-3 (2006) *Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption, Part 3: Pipe sizing – Simplified method*

Nos pontos seguintes será feito um estudo mais pormenorizado sobre os métodos de dimensionamento das canalizações de um abastecimento predial de água fria, segundo o decreto regulamentar nº 23/95, de 23/8 denominado de Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR) e segundo a norma europeia EN 806-3.

2.2. REGULAMENTO GERAL DOS SISTEMAS PÚBLICOS E PREDIAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS (DECRETO REGULAMENTAR 23/95, DE 23 DE AGOSTO)

2.2.1. INTRODUÇÃO

O Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, como já foi dito, apareceu para atualizar a legislação existente em matéria de sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais. O regulamento é constituído por 7 títulos:

- Título I e II: Disposições gerais (Regulamento menciona o objectivo e âmbito de aplicação, expõe uma simbologia e unidades, fala da concepção dos sistemas e dos elementos de base para o seu dimensionamento)
- Título III: Sistemas de distribuição predial de água
- Título IV: Sistemas de drenagem pública de águas residuais
- Título V: Sistemas de drenagem predial de águas residuais
- Título VI: Estabelecimento e exploração de sistemas públicos
- Título VII: Estabelecimento e exploração de sistemas prediais

Para o estudo e dimensionamento dos sistemas de abastecimento predial de água fria será necessário uma análise aprofundada do título III onde figura os regulamentos gerais para os sistemas de distribuição predial de água, no que se diz respeito ao traçado, instalação, prevenção contra a corrosão, isolamento, natureza dos materiais, elementos da rede e instalações complementares (como o caso de reservatórios, estações elevatórias e elementos sobrepessores). No que toca ao dimensionamento o RGSPDADAR no título III refere os elementos de base a considerar no cálculo das redes de distribuição predial, mostra os caudais mínimos a prever nos dispositivos (anexo IV), formas de determinação do caudal de cálculo (anexo V) e estabelece limites quanto as pressões e velocidades.

2.2.2. DETERMINAÇÃO DO CAUDAL DE CÁLCULO

Na criação dos sistemas prediais de abastecimento o caudal de cálculo é determinado através dos caudais instantâneos a assegurar nos dispositivos de utilização em cada fogo. Segundo o regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, os caudais mínimos a considerar nos dispositivos de utilização mais correntes são apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Caudais mínimos de acordo com o Decreto Regulamentar nº 23/95, 1995 [2]

Aparelhos	Caudais mínimos (l/s)
Lavatório individual	0,10
Lavatório colectivo (por unidade)	0.05
Bidé	0.10
Banheira	0.25
Chuveiro Individual	0.15

Bateria de chuveiros (por unidade)	0.10
Autoclismo de bacia de retrete	0.10
Autoclismo de mictório (por unidade)	0.05
Pia lava - louça	0.20
Bebedouro	0.10
Máquina de lavar - louça	0.15
Máquina ou tanque de lavar – roupa	0.20
Bacia de retrete com fluxómetro	1.50
Mictório com fluxómetro	0.50
Boca de rega ou lavagem (DN15)	0.30
Boca de rega ou lavagem (DN20)	0.45
Maquinas industriais e outros aparelhos não especificados	Em conformidade com as indicações do fabricante

Sabendo a quantidade e o tipo de aparelhos que estão ligados à secção em estudo e somando os respectivos caudais mínimos, obtém-se o caudal acumulado. Posteriormente o caudal acumulado obtido sofre uma correção através de um coeficiente de simultaneidade que tem em conta a probabilidade de funcionamento simultâneo dos dispositivos de utilização instalados.

Designa-se por coeficiente de simultaneidade numa dada secção a relação entre o caudal simultâneo máximo previsível (Q_c), ou seja o caudal de cálculo e o caudal acumulado de todos os dispositivos de utilização alimentados pela secção (Q_a).

$$Q_c = K \cdot Q_a \quad (2.1)$$

No caso da instalação de fluxómetros (dispositivos de alimentação com caudal controlado e de fechamento automático), ao caudal de cálculo obtido de acordo com os números anteriores deve ainda adicionar-se o caudal de cálculo dos fluxómetros (Q_{fluxom}), tendo em conta o número de fluxómetros instalados e a sua utilização simultânea, conforme consta no quadro 2.2.

$$Q_c = K \cdot Q_a + Q_{fluxómetro} \quad (2.2)$$

Quadro 2.2 – Numero de fluxómetros em utilização simultânea de acordo com o D.R. 23/95, 1995 [2]

Número de Fluxómetros Instalados	Em Utilização Simultânea
3 a 10	2
11 a 20	3
21 a 50	4
Mais de 50	5

O processo de cálculo do coeficiente de simultaneidade não é consensual, existindo vários métodos que podem ser adoptados para a obtenção desse factor. Nas páginas seguintes, são descritas as metodologias mais utilizadas para a determinação desse coeficiente.

Métodos de determinação do coeficiente de simultaneidade

Coeficiente de Simultaneidade trata-se de uma relação a estabelecer e a quantificar entre o caudal máximo previsível e o caudal acumulado de todos os dispositivos de utilização alimentados através de uma dada secção. Este coeficiente pode ser obtido por vários métodos. São conhecidos, para esta estimação, quatro tipos distintos de métodos: probabilísticos, gráficos, empíricos e também métodos que recorrem ao conceito de atribuição de pesos.

Associados a estes 4 métodos existem ainda outras metodologias que aplicam a análise mista dos problemas, aplicando, simultaneamente, as ponderações feitas por mais de um método.

Método de Delebecque

Método adoptado pelo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais para a determinação do caudal de cálculo, trata-se de um método gráfico que permite a conversão dos caudais acumulados em caudais de cálculo.

Esta relação entre o caudal de acumulados e o caudal de cálculo traduz-se através de 3 curvas, com cada uma das curvas a representar um nível de conforto e exigência pretendido no dimensionamento (conforto mínimo, conforto normal e conforto máximo). Estas curvas variam consoante os valores do caudal acumulado considerado.

O regulamento português utiliza a curva de conforto médio/normal como curva de referência para a determinação dos caudais de dimensionamento, mas esta utilização é limitada para dimensionamentos de redes de abastecimento de águas de habitações correntes sem fluxómetros.

Como se pode verificar através das figuras, a leitura das curvas não é prática nem rigorosa, pelo que é necessário traduzir as curvas sob a forma de uma equação matemática.

Sendo que o criador deste método não forneceu qualquer informação sobre as curvas criadas, a obtenção das equações matemáticas teve que ser realizada, ao longo destes anos, através de ajustes da curva a diferentes tipos de equações. As equações atualmente utilizadas traduzem o comportamento da curva com uma percentagem de certeza superior a 99%. Assim sendo, para as exigências

regulamentares serem cumpridas, o cálculo do dimensionamento para edifícios correntes de habitação é efectuado por intermédio das seguintes expressões:

$$\begin{aligned} Q_c &= 0.5469 \cdot Q_a^{0.5137} & Q_a &\leq 3.5 \text{ l/s} \\ Q_c &= 0.5226 \cdot Q_a^{0.5364} & 3.5 < Q_a &\leq 25 \text{ l/s} \\ Q_c &= 0.2525 \cdot Q_a^{0.7587} & Q_a &> 25 \text{ l/s} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Para situações onde se pretenda valores de conforto elevado então as equações a utilizar no dimensionamento passam a ser as seguintes:

$$\begin{aligned} Q_c &= 0.6015 \cdot Q_a^{0.5825} & Q_a &\leq 3.5 \text{ l/s} \\ Q_c &= 0.5834 \cdot Q_a^{0.5872} & 3.5 < Q_a &\leq 25 \text{ l/s} \\ Q_c &= 0.3100 \cdot Q_a^{0.7750} & Q_a &> 25 \text{ l/s} \end{aligned} \quad (2.4)$$

No caso de a rede apresentar fluxómetros então o método de cálculo sofre alterações. Nestas situações é necessário adicionar, o caudal de cálculo referente ao número de fluxómetros considerados, ao caudal de cálculo obtido pelas fórmulas do método em análise. O caudal a considerar devido a utilização simultânea de fluxómetros é dado pelo regulamento através de uma tabela, onde se relaciona os fluxómetros instalados e a quantidade destes que se deve considerar que a sua utilização seja simultânea, como se pode conferir no quadro 2.2

Ou seja, se estive-se a considerar uma rede de abastecimento formada por 7 bacias de retrete com fluxómetro o caudal a somar ao caudal de cálculo obtido pelas fórmulas do método seria de $2 \times 1.5 = 3.0 \text{ l/s}$ (1.5 l/s caudal considerado pela norma portuguesa para Bacias de retrete com fluxómetro), sendo assim o caudal de dimensionamento seria:

$$Q_c = 0.5226 \cdot (7 \times 1.5)^{0.5364} + 3 = 4.84 \text{ (l/s)} \quad (2.5)$$

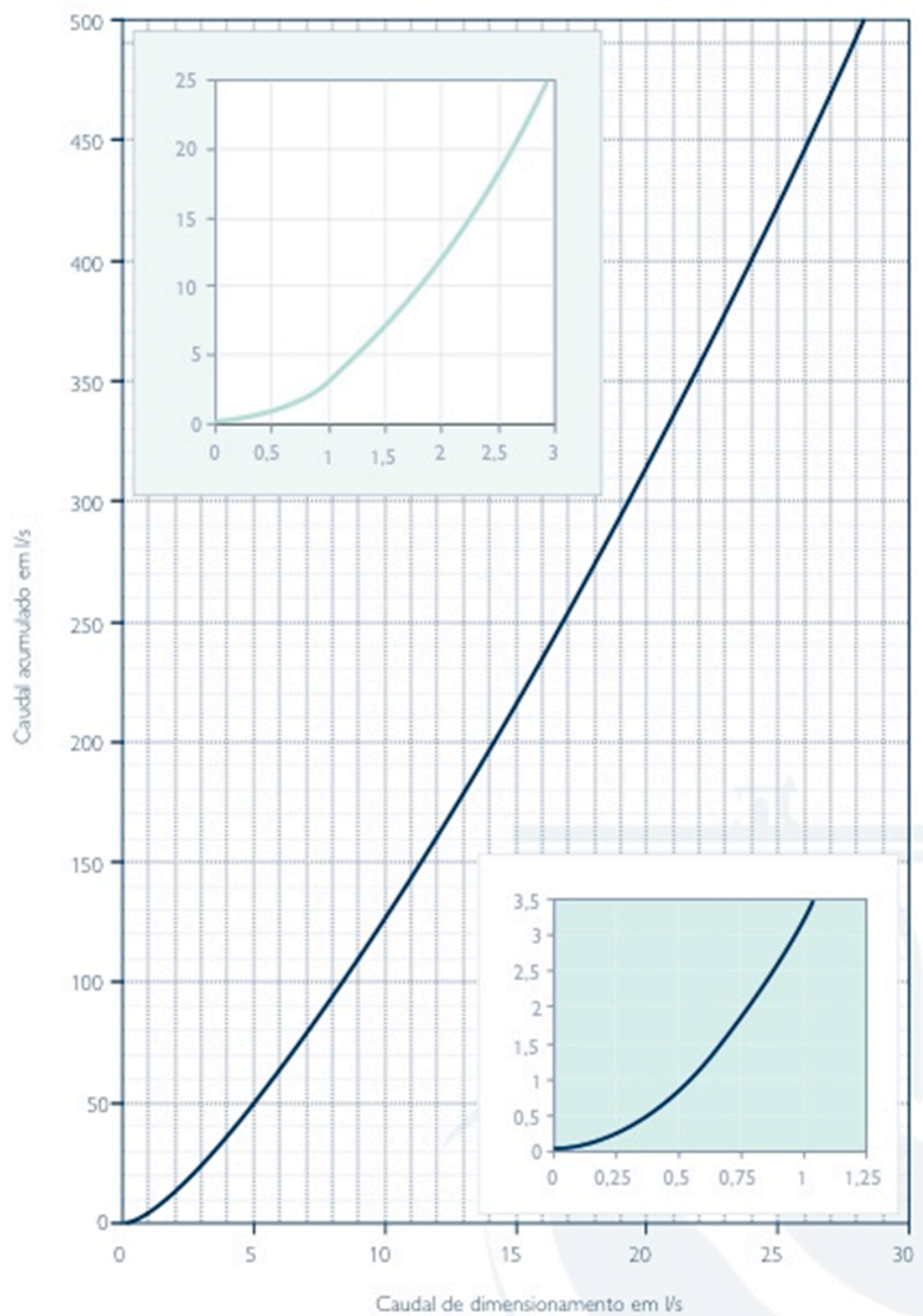


Fig.2.1 – Curvas de dimensionamento do RGSPDADAR (método delebecque) [14]

Método do Centre Scienfique et Technique du Bâtiment (CTSB)

Método CTSB, trata-se de um método referido pelo LNEC [3] que adopta a observação gráfica para determinar caudais de cálculo a utilizar no dimensionamento. Este método utiliza 2 procedimentos distintos, um para o dimensionamento de instalações individuais e outro procedimento para instalações coletivas. No dimensionamento das instalações individuais este método fornece os diâmetros mínimos a utilizar na rede, com cada dispositivo individual a ser afetado de um coeficiente (tabela), com o somatório dos coeficientes dos vários dispositivos da rede, o valor do diâmetro interior mínimo é obtido graficamente pela figura 2.2.

Quadro 2.3 – Coeficiente de simultaneidade dos aparelhos da rede predial de abastecimento [3]

Aparelho	Coeficiente de simultaneidade
Lava-mãos	0.5
Mictórios	
Autoclismos de bacias de retrete	
Bidé	1.0
Bacias de retrete de uso publico	
Máquina de lavar roupa	
Máquina de lavar louça	
Lavatórios	1.5
Chuveiro	2.0
Boca de rega	
Boca de lavagem	
Pias de lava-louça	2.5
Banheira com capacidade inferior a 150 l	3.0
Banheira com capacidade superior a 150 l	3.0+0.1 por cada 10 l adicionais

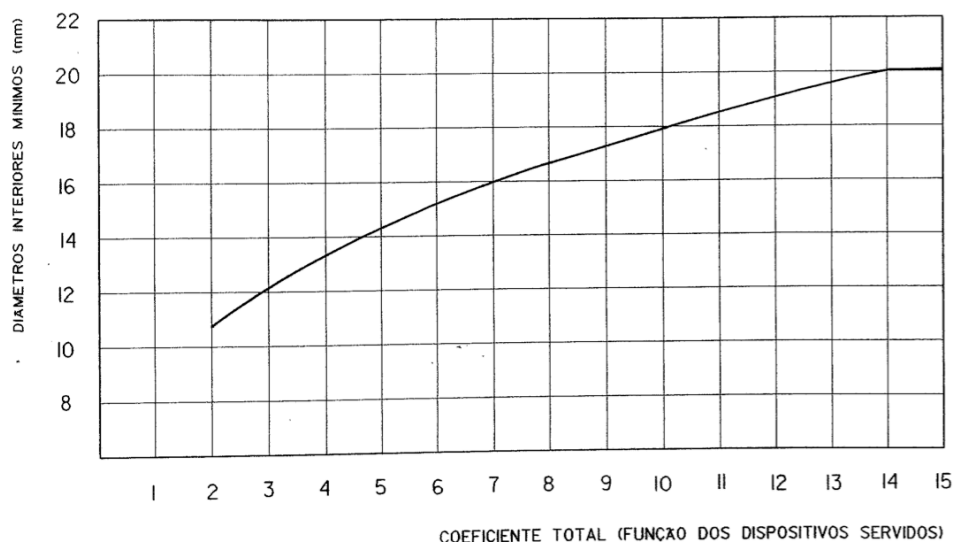


Fig.2.2 – Gráfico para determinação do diâmetro mínimo [3]

Com a utilização do quadro 2.3 e a visualização do gráfico presente na figura 2.2 podemos então tirar o diâmetro mínimo necessário para a secção em estudo no dimensionamento. O coeficiente total é determinado pela soma dos coeficientes dos vários dispositivos que ligam à secção. Quando a soma dos coeficientes for superior a 15, calcula-se como uma instalação colectiva.

No caso de se tratar de uma instalação colectiva o seu dimensionamento é feito através do cálculo de um coeficiente de simultaneidade que afecta os caudais acumulados. A determinação do caudal a ser utilizado no dimensionamento é realizada através de uma multiplicação do caudal acumulado por um coeficiente de simultaneidade, coeficiente esse que é estimado através do gráfico presente na figura 2.3.

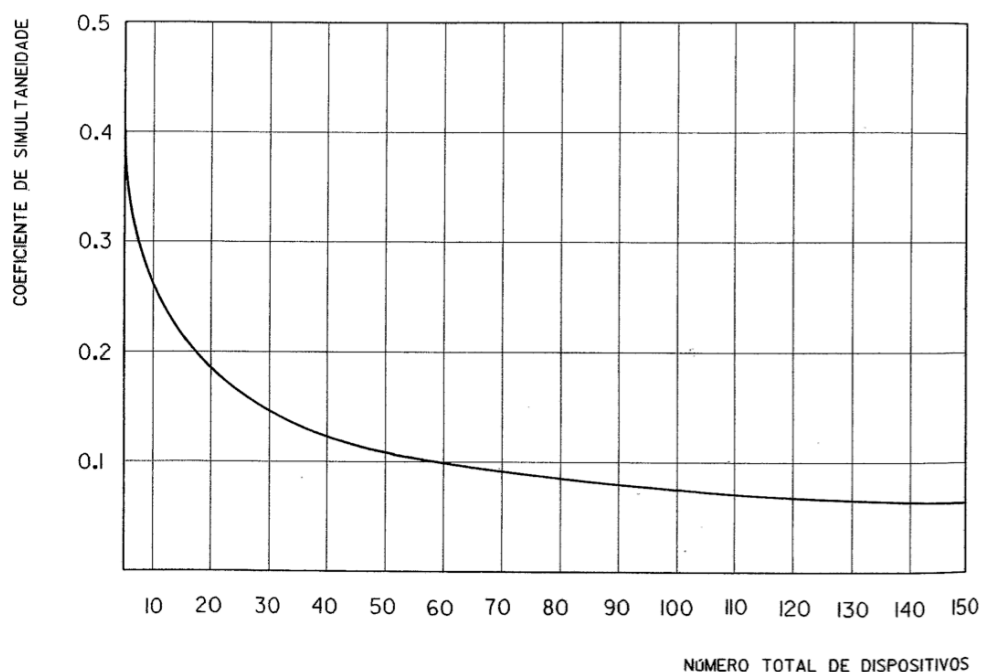


Fig.2.3 – Gráfico para determinação do coeficiente de simultaneidade [3]

A curva representada na figura 2.3, pode ser traduzida na seguinte expressão 2.6 [3], sendo esta valida apenas para valores n superiores a 5 e tendo como limite inferior de 0.2 para o valor do coeficiente de simultaneidade.

$$K = \frac{0.8}{\sqrt{n-1}} \quad (2.6)$$

No caso de as instalações possuírem fluxómetros, o caudal de dimensionamento soma-se o caudal relativo ao número de fluxómetros existentes na rede. A simultaneidade dos fluxómetros utilizada é a mesma que a do quadro 2.2.

À semelhança do método de Deleblecque, no caso de não se tratar de um edifício de habitação devem ser feitas algumas ponderações na forma de utilização do método. Em escolas, ginásios ou quartéis o coeficiente de simultaneidade deve ser de 1, para hotéis o coeficiente de simultaneidade deve ser aumentado em 25% e em escritórios, hospitais, lares ou edifícios públicos faz-se os mesmos cálculos que para um edifício de habitação [3].

Método do Coeficiente de Simultaneidade Modificado:

O método do coeficiente de simultaneidade modificado é alvo de análise neste documento por se tratar de um método muito utilizado, essencialmente devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação. Este método é o mencionado pela EPAL [14], empresa que está associada ao abastecimento a uma parte significativa da população portuguesa.

A simplicidade deste método está relacionada com o cálculo do coeficiente de simultaneidade, em que a sua determinação é feita baseando-se apenas no número total de aparelhos a abastecer.

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad (2.7)$$

Nesta formula 2.7 a análise é feita considerando que todos os aparelhos são abastecidos com o mesmo caudal, apenas é valida para redes com mais de 2 aparelhos e o limite inferior do coeficiente é 0.2.

O método do coeficiente de simultaneidade modificado apresenta uma expressão que altera o valor de n (numero total de aparelhos a abastecer, n_{mod}) em função das necessidades e do peso que cada aparelho tem para a rede de forma a se obter valores de coeficiente de simultaneidade mais elevados e para fazer um cálculo com um factor de segurança mais elevado. A determinação do caudal de dimensionamento fica então assegurada pelas seguintes expressões 2.8 e 2.9 [14]:

$$n_{\text{mod}} = \max \left\{ \sum \left(m_i \cdot \frac{Q_{\text{ref}}}{Q_i} \right); n \right\} \quad (2.8)$$

$$Q_c = Q_a \cdot \frac{1}{\sqrt{n_{\text{mod}} - 1}} \geq 0.2 \cdot Q_c \quad (2.9)$$

Nas expressões anteriores o caudal de referência Q_{ref} , está relacionado com o caudal do dispositivo mais comum com consumos mais baixos, usualmente 0,1 l/s, de modo a valorizar os consumos dos dispositivos mais exigentes, baixando assim o valor de n_{mod} , e tornando o maior o coeficiente de simultaneidade, e como tal, mais seguro. A variável m_i presente na equação 2.8 representa o numero de dispositivos com o Q_i .

Método da Norma Brasileira ou Método Alemão

O método consiste na atribuição de pesos aos diversos aparelhos na rede de abastecimento a dimensionar. A unidade utilizada para o cálculo desses pesos é o caudal “normal” que escoia por uma torneira com diâmetro de 3/8, ou seja, o peso desse aparelho é a relação entre o caudal do dispositivo e o caudal de uma torneira com diâmetro 3/8. De acordo com a Norma Brasileira o caudal referencia a uma torneira com diâmetro 3/8 é 0,3 l/s [3].

Sabendo o peso de cada dispositivo, através do quadro 2.4, então procede-se ao cálculo com recurso as seguintes fórmulas [3]:

$$p_i = \left(\frac{Q_i}{Q_{\frac{3}{8}}} \right)^2 \quad (2.10)$$

$$Q_c = \sqrt{\sum (p_i \cdot n_i)} \cdot Q_{\frac{3}{8}} \quad (2.11)$$

Nas fórmulas 2.10 e 2.11 o peso dos vários dispositivos aparece representado pela variável p_i .

Pesos de vários dispositivos em tabela:

Quadro 2.4 – Tabela de pesos dos aparelhos [3]

Aparelhos	Pesos
Bacia de retrete com autoclismo	0.5
Bacia de retrete com fluxómetro	40.0
Banheira	1.0
Bebedouro	0.1

Bidé	0.5
Chuveiro	0.5
Lavatório	0.5
Máquina de lavar - roupa	1.0
Máquina de lavar - louça	1.0
Mictório com fluxómetro	10
Pia de despejo	1.0
Pia de cozinha	0.7
Tanque de lavar	1.0

2.2.2. CÁLCULO DOS DIÂMETROS

O cálculo analítico do diâmetro mínimo para tubagens de um sistema de abastecimento predial pode ser feito como demonstra a seguinte figura 2.4.

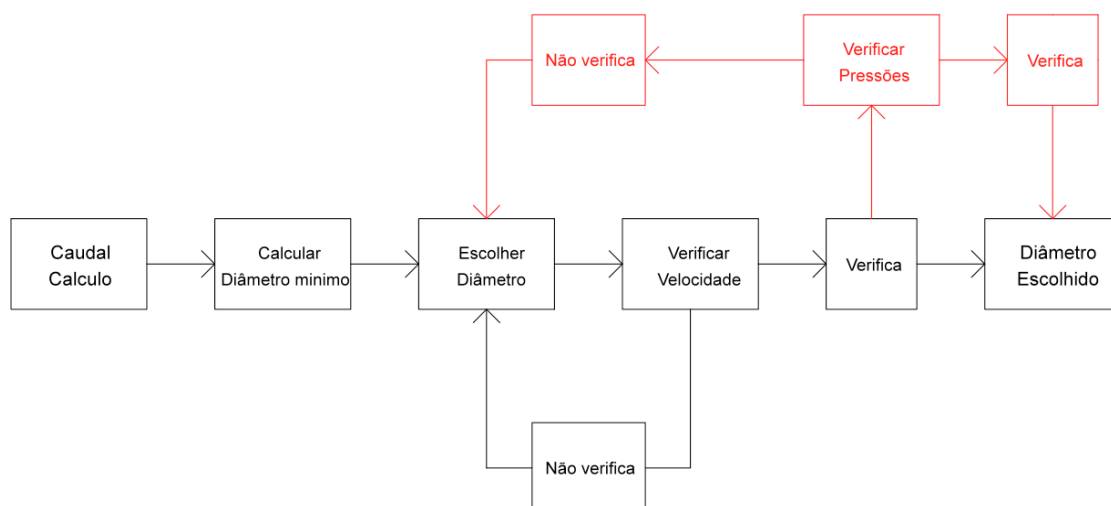


Fig.2.4 – Esquema do processo de determinação do diâmetro

Com o caudal de cálculo já determinado o dimensionamento da tubagem começa com o recurso à Equação da Continuidade (2.12), onde o diâmetro mínimo a utilizar está dependente do caudal de cálculo e da velocidade do escoamento pretendido.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot v}} \quad (2.12)$$

Nesta fase inicial do dimensionamento a expressão 2.12 apresenta duas variáveis desconhecidas, tanto a velocidade do escoamento como o diâmetro da tubagem são duas incógnitas. Sendo assim atribui-se um valor a velocidade de escoamento, valor esse que normalmente é definido como 1 m/s pelo facto de respeitar os limites de velocidade impostos pelo RGSPDADAR [2] e de facilitar o cálculo.

Sabendo o valor do diâmetro mínimo estimado procede-se então à escolha do diâmetro da tubagem tendo em consideração o tipo de material optado para o sistema de abastecimento. O diâmetro interno seleccionado deve ser superior ao diâmetro mínimo calculado na expressão 2.12.

Por fim, realiza-se a verificação da velocidade existente na tubagem para o diâmetro escolhido. Esta verificação é feita recorrendo à equação 2.12 mas desta vez com a velocidade como variável, e os valores da velocidade precisam de estar compreendidos entre 0,5 m/s e 2 m/s como impõe o RGSPDADAR [2].

No caso da velocidade resultante não estar entre os 0,5 m/s e os 2 m/s, deve-se escolher outro diâmetro para que respeite estas condições.

A figura 2.3 apresenta um caminho a vermelho na verificação do diâmetro escolhido, esse caminho está relacionado com a perda de carga que o diâmetro em questão provoca ao longo do troço. Este tipo de análise é realizada nos casos onde as pressões exigidas e as pressões fornecidas pelo sistema estão muito próximas, o que torna as perdas de carga um factor significativo para a execução do projeto da rede interior de abastecimento. Nestas situações a escolha de um determinado diâmetro pode ou não possibilitar que a água chegue a um dispositivo com a pressão pretendida.

2.2.3. QUANTIFICAÇÃO DAS PERDAS DE CARGA

Sempre que um fluido se desloca no interior de uma tubagem ocorre atrito deste fluido com as paredes internas da tubagem, ocorre também uma turbulência do fluido com ele mesmo, este fenómeno faz com que a pressão que existe no interior da tubagem vá diminuindo gradualmente à medida com que o fluido se desloque, esta redução de pressão é conhecida como “Perda de Carga”, perdas essas que estão relacionadas com características da tubagem, variações de direção, variações de cotas ou passagem por dispositivos.

As perdas de carga podem se designar por contínuas ou por localizadas. As perdas de carga contínuas estão associadas as características internas das tubagens, as perdas de carga localizadas são provocadas pelas variações de cotas, variações de direção, derivações ou pela existência de dispositivos.

No cálculo das perdas de carga de um sistema de abastecimento predial, geralmente, é utilizada a fórmula de Flamant (2.13) [7].

$$D \cdot J = 4 \cdot b \cdot \sqrt[4]{\frac{v^7}{D}} \quad (2.13)$$

Na equação de Flamant a perda de carga depende, essencialmente, do material escolhido para as tubagens e a rugosidade associada ao material. As outras variáveis que influenciam a perda de carga são o diâmetro interno da tubagem e a velocidade do escoamento. O factor de rugosidade, definido na equação por b , tem os seus valores representados no quadro 2.5.

Quadro 2.5 – Valores do factor rugosidade do material [8]

Fórmula de Flamant	b
Aço	0,000230
Cobre e Aço Inox	0,000152
Plásticos	0,000134

Nas perdas de cargas localizadas o cálculo pode ser feito através de um método simplificado em que se define o valor das perdas de cargas localizadas como uma percentagem das perdas de carga continua, ou pode ser feito pela contabilização de todas as perdas localizadas existentes no local.

A utilização do método simplificado evita uma apreciação detalhada de todas as perdas localizadas permitindo uma estimativa imediata das perdas de carga. Normalmente a percentagem de perda de carga continua a ser considerada, para a contabilização das perdas de carga localizadas, anda por volta dos 20% [8]. A simples multiplicação esta representada na expressão 2.14.

$$J_{Localizada} = 0,2 \cdot J_{Continua} \quad (2.14)$$

Ou

$$J_{Total} = 1,2 \cdot J_{Continua} \quad (2.15)$$

Importante referir que este método simplificado não contabiliza as perdas de carga associadas a variações de cota, essas perdas terão de ser somadas ao valor obtido pelas equações 2.14 ou 2.15.

Outra forma de calcular as perdas de carga, de uma forma mais rigorosa, é contabilizar todas as perdas de carga existentes na rede interior de abastecimento e transformar essas perdas num comprimento equivalente que depois será multiplicado pelo valor da perda de carga continua.

Todos os tubos têm um comprimento que é medido nos seus troços rectos, este comprimento é definido como o comprimento real da instalação, as curvas, válvulas e demais singularidades existentes no sistema também representam uma grande parcela da perda de carga, e esta perda de carga pode ser representada como se fosse um tubo recto, ou seja, qual seria o comprimento de uma tubagem recta que causa a mesma perda de carga. Esta representação de uma singularidade como se fosse um tubo reto é conhecida como “Comprimento Equivalente”.

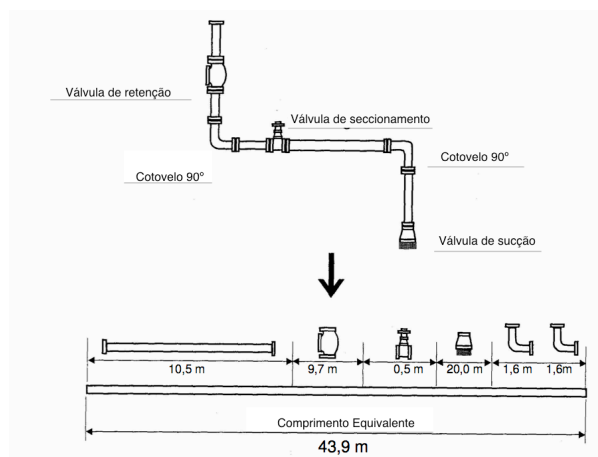


Fig.2.5 – Representação do comprimento equivalente

A figura 2.5 demonstra o processo de cálculo do comprimento equivalente, sendo que os valores de comprimentos equivalentes das diversas singularidades em função do seu diâmetro nominal podem ser consultados em tabelas semelhantes à que aparece representada na figura 2.6.

Comprimentos equivalentes a perdas localizadas. (Expressos em metros de canalização retilínea)*

D. ÂMETRO D		COTOVELO 90° RAIO LONGO	COTOVELO 90° RAIO MÉDIO	COTOVELO 90° RAIO CURTO	COTOVELO 45°	CURVA 90° R/D = 1/2	CURVA 90° R/D = 1	CURVA 45°	ENTRADA NOMINAL	ENTRADA DE BORDA	REGISTRO DE GAVIETA ABERTO	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO	Tª PASSAGEM DIRETA	Tª SAÍDA DE LUGO	Tª SAÍDA BILATERAL	VÁLVULA DE PE E CRIVO	SAÍDA DA CANALIZAÇÃO	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO
		mm	pol.																	
13	½	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	¾	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 ¼	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 ½	0,8	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 ½	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,3	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	8,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

* Os valores indicados para registros de globo, aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga.

Fig.2.6 – Tabela que estabelece os valores dos comprimentos equivalentes [15]

No fim de se contabilizar todas as perdas de carga contínuas, a perda de carga total na tubagem em análise é dada pela seguinte expressão 2.16:

$$J_{Total} = J_{Continua} \cdot L_{equivalente} \quad (2.16)$$

O cálculo das perdas de carga existentes num sistema de abastecimento predial de água termina com o somatório das perdas de carga resultantes das variações de cota. A variação da cota por onde o fluido escoar provoca uma diminuição ou aumento da perda de carga, sendo que a perda de carga aumenta para o caso de uma variação positiva da cota e diminui no caso de essa variação ser negativa. O cálculo final da perda de carga pode ser efectuado pelo somatório da perda de carga determinada pela expressão 2.14, 2.15 ou 2.16 e a diferença de cotas existente no percurso em análise.

$$\Delta H_t = J_t + \Delta h \quad (2.17)$$

2.2.4. PRESSÕES

Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais quanto a pressões, no artigo 87º, refere:

“2 – As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre 50 kPa e 600 kPa, sendo recomendável, por razões de conforto e durabilidade dos materiais, que se mantenham entre 150 kPa e 300 kPa.”[2]

Para que estas imposições do RGSPDADAR [2] sejam cumpridas é necessário fazer a verificação das pressões existentes nas secções das tubagens ao longo da rede de abastecimento predial.

O cálculo das pressões assenta no princípio de conservação de energia aplicado num volume de controlo definido pela conduta entre duas secções distintas, traduzido de forma simplificada pela Equação de Bernoulli (2.18), conforme exibido na Figura 2.7:

$$\frac{P_{jus}}{\gamma} + Z_{jus} + \frac{v_{jus}^2}{2 \cdot g} + 1.2 \cdot J \cdot L = \frac{P_{mon}}{\gamma} + Z_{mon} + \frac{v_{mon}^2}{2 \cdot g} \quad (2.18)$$

A expressão 2.18 possibilita o cálculo da pressão de um ponto através da pressão num outro ponto do traçado.

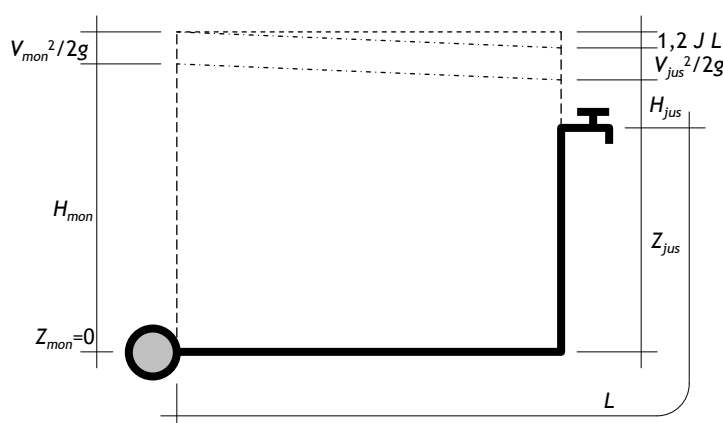


Fig.2.7 – Linha de energia entre 2 pontos

De um modo simplificado, o cálculo da pressão numa dada secção é determinado com a diferença de contas entre os 2 pontos em análise, a perda de carga total do percurso e a pressão conhecida a jusante, que resulta na expressão 2.19:

$$\frac{P_{jus}}{\gamma} = \frac{P_{mon}}{\gamma} - \Delta Z - \Delta H_t \quad (2.19)$$

2.3. NORMA EUROPEIA EN 806-3, SPECIFICATIONS OF INSTALLATION INSIDE BUILDINGS CONVEYING WATER FOR HUMAN CONSUMPTION – PART 3: PIPE SIZING – SIMPLIFIED METHOD

2.3.1. INTRODUÇÃO

A Norma Europeia EN806 "Especificações técnicas relativas às instalações de água para consumo humano no interior de edificios", é constituída por 5 partes, designadamente:

- Parte 1: Generalidades
- Parte 2: Concepção
- Parte 3: Dimensionamento
- Parte 4: Instalação
- Parte 5: Exploração e manutenção

Neste tópico será abordada a Parte 3 da norma europeia, onde refere ao método de dimensionamento das instalações de água para o interior de edificios. Esta parte da norma basicamente propõe um método simplificado para o dimensionamento de instalações de água para consumo humano no interior de edificios, aplicável a instalações correntes. O método proposto pode ser aplicado em redes de água fria e quente, não sendo apropriado a dimensionamentos de circuitos de retorno.

A EN606-3 foi criada com o intuito de uniformizar e simplificar todo o processo de calculo nos vários países da união europeia, tendo sido publicada pela primeira vez em Outubro de 1996, na altura o texto base era constituído por 77 páginas. Os textos apresentavam um método de cálculo simplificado

e quatro métodos de cálculo utilizados na França, Alemanha, Grã-Bretanha, Itália, Espanha e Holanda. A colocação de vários procedimentos de cálculo com a intenção de haver maior aceitação por parte dos estados membros fez com que esta norma perde-se o seu sentido principal de unificar o processo nos vários países da União Europeia. A primeira tentativa de implementação da norma foi recusada e de seguida procederam a resolução de uma norma com apenas um procedimento simplificado. Esta ultima tentativa foi elaborada por um grupo de especialistas da Suíça, onde o método baseado em unidades de carga (LU loading Units) é amplamente praticado. A nova versão da norma foi apresentada e aprovada em 2003, ficou concluída e apresentada no início de 2006. Em Portugal esta foi implementada como EN 806-3 em Junho de 2006. [16]

A norma começa por explicar os termos técnicos hidráulicos, símbolos e unidades para a sua fácil compreensão e depois procede à explicação do método de dimensionamento proposto.

Importante referir que no documento é criado uma distinção entre sistemas normais e sistemas especiais. Definem sistema “normal” como sendo os sistemas de abastecimento referentes às construções residenciais, podendo estas ser unifamiliares ou multifamiliares. Para as restantes construções, como as industriais e comerciais, o sistema é denominado de “especial”.

As principais características hidráulicas impostas pela Norma, referente ao dimensionamento de instalações interiores de abastecimento de água para consumo humano são:

- Pressão estática máxima no ponto de consumo de 500kPa (5 bar)
- Pressão dinâmica mínima no ponto de consumo: 100kPa (1 bar)
- Velocidades máximas de escoamento em prumadas e ramais principais de 2m/s e em sub-ramais de 4m/s
- Vazão unitária Q_A , vazão mínima Q_{min} e valores de carga nos pontos de consumo definidos na tabela x.
- Em nenhum ponto de consumo o escoamento contínuo deve ter duração superior a 15min.
- Os valores de vazão pico não podem ultrapassar os valores da figura x apresentada pela norma.

2.3.2. DETERMINAÇÃO DO CAUDAL DE CÁLCULO

Na norma europeia, á semelhança do regulamento português, a determinação do caudal de calculo é feito através dos caudais mínimos instantâneos atribuídos a cada aparelho. Como se pode verificar no quadro 2.6, os valores propostos pelo método da norma são ligeiramente diferente aos valores propostos no regulamento português. Em seguida aparecem representados na tabela os diâmetros mínimos instantâneos definidos pela norma para cada dispositivo. Neste método, os caudais de projeto são traduzidos em “unidades de carga” (LU), através de uma equivalência ($1 \text{ LU} = 0,1 \text{ l/s}$).

Quadro 2.6 – Caudais instantâneos de acordo com a EN806-3 [1]

Ponto de consumo	Q_A (l/s)	Q_{min} (l/s)	Valores de carga (LU)
Lavatório			
Bidé	0.1	0.1	1
Caixa de descarga			

Pia de cozinha			
Máquina de lavar - roupa	0.2	0.15	2
Máquina de lavar - louça			
Chuveiro			
Válvula de mictório	0.3	0.15	3
Válvula de banheira	0.4	0.3	4
Torneira para Jardim/garagem	0.5	0.4	5
Pia de cozinha comercial DN20	0.8	0.8	8
Banheira			
Válvula DN20	1.5	1.0	15
Para máquinas comerciais de lavar roupa	De acordo com a indicação do fabricante		

O procedimento de cálculo deve partir do ponto de consumo mais afastado e desde este ponto determinar as unidades de carga (LU) nos diversos pontos da rede. A determinação do caudal de cálculo é obtida por intermédio da observação gráfica, gráfico esse apresentado em seguida e presente na norma. Sabendo o número de unidades de carga exigidos pela rede até ao ponto em estudo e o valor individual máximo de LU pode-se obter o caudal de cálculo através do gráfico.

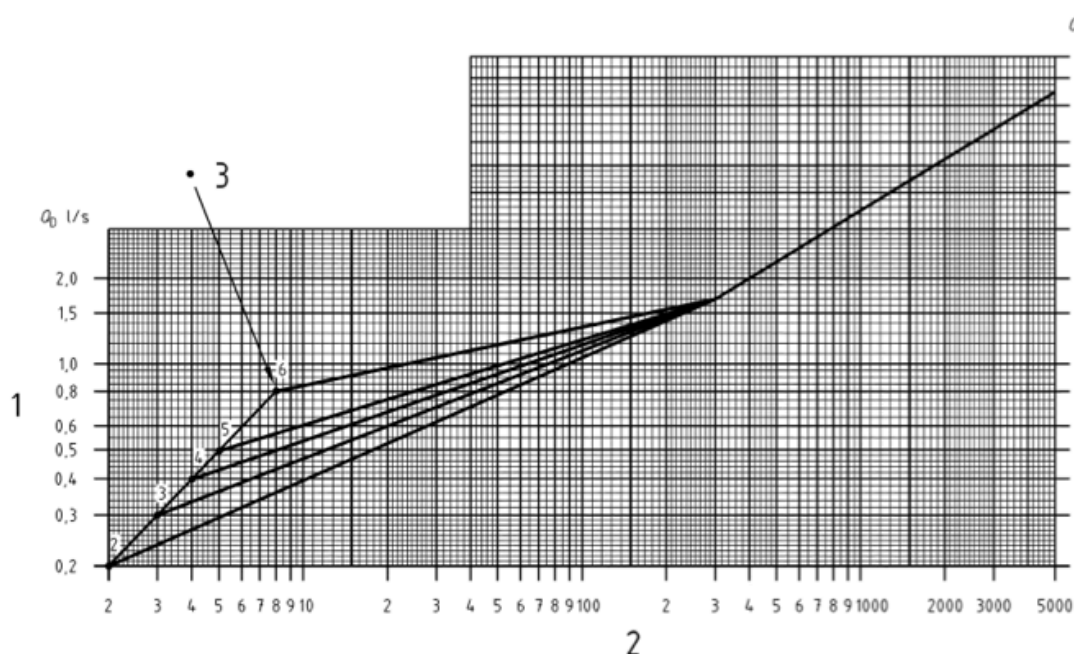


Fig.2.8 – Gráfico para determinação do caudal de cálculo [1]

Na figura 2.4, o eixo representado pelo número 1 fornece o caudal de cálculo a utilizar, o eixo 2 é onde está representado o somatório das unidades de carga e as varias curvas assinaladas pelo numero 3 estão associadas ao LU individual máximo.

Para uma instalação cujo LU mais elevado corresponde a um chuveiro (LU=2), por exemplo, e uma secção onde o somatório das unidades de carga dos dispositivos situados a jusante é igual a 20, o caudal de cálculo a considerar deverá ser de 0,525 l/s. Se o dispositivo com LU fosse uma Banheira (LU=4), o caudal de cálculo a considerar nessa mesma secção, supondo o mesmo somatório de LU, seria de 0,66 l/s.

Apesar de a norma disponibilizar este gráfico (figura 2.8) como meio para determinar os caudais de cálculo em função do somatório das unidades de carga, este não foi utilizado na elaboração das tabelas simplificadas, tabelas essas que podem ser utilizadas no cálculo dos diâmetros e relaciona o diâmetro mínimo necessário para um número máximo de unidades de carga.

2.3.3. CALCULO DOS DIÂMETROS

Tendo analisado e calculado o somatório do número de LU necessários a jusante de uma secção num local específico da rede, o dimensionamento pode ser efectuado através das tabelas fornecidas pela norma (exemplo quadro 2.7) para os diferentes materiais, sendo possível retirar o diâmetro do tubo a utilizar no dimensionamento. Nestes valores dos diâmetros a utilizar para as respectivas unidades de carga já estão consideradas as probabilidades do uso simultâneo dos vários pontos de consumo, de modo que não deverão ser utilizados factores específicos para isso. A norma apresenta valores de diâmetros para tubagens de aço zincado, cobre, aço inoxidável, PEX, PB, PVC-C, material composto (PEX/AL/PE-HD, PE-MD/AL/PE-HD e PP). Para outros tipos de materiais o seu dimensionamento poderá ser obtido escolhendo a tabela com o material mais próximo e seleccionando dessa tabela os diâmetros internos de tubo mais semelhante.

Quadro 2.7 – Parte da tabela de dimensionamento fornecida pela EN806-3 relativamente aos tubos de cobre [1]

Valor máximo das LU	LU	1	2	3	3	4	6	10	20
Maior valor individual das LU	LU	-	-	2	-	-	4	5	8
Da x S	mm	12 x 1			15 x 1			18 x 1	22 x 1
Di	mm	10			13			16	20
Comprimento máximo do tubo	m	20	7	5	15	9	7	-	-

Na utilização das tabelas é preciso ter em atenção o máximo valor individual das LU até a secção em estudo, e para alguns diâmetros o comprimento máximo do tubo no troço a ser dimensionado.

2.3.4. PERDAS DE CARGA

A Norma não apresenta métodos de cálculo da perda de carga ao longo do traçado da rede de distribuição, contudo, procuraram salvaguardar a inexistências de perdas de carga demasiado elevadas nos troços de pequeno diâmetro, impondo, nas tabelas simplificadas, condições relativas aos comprimentos máximos em que podem ser utilizados para os pequenos diâmetros. Este calculo das perdas de carga, utilizando a norma, terá de ser feito através das habituais formulas hidráulicas de determinação do diâmetro e da perda de carga das tubagens, como se realiza no RGSPDADAR com a diferença na obtenção do caudal de calculo que segundo a norma este tem que ser retirado segundo o gráfico 2.8.

2.3.5. PRESSÕES

No que se refere as condições de pressão, a Norma Europeia fixa para pressões máximas estáticas nos dispositivos de utilização para um máximo de 500 kPa. Em dispositivos como bocas de rega ou lavagem em jardins ou garagens a Norma permite um máximo de 1000 kPa. Em relação às pressões residuais mínimas nos dispositivos de utilização a Norma Europeia indica um mínimo de 100 kPa, este limite pode ser mais elevado para alguns dispositivos.

3

Casos de estudo / Resultados

3.1. INTRODUÇÃO

O estudo comparativo entre o dimensionamento regulamentar e as novas propostas de dimensionamento das Normas Europeias, tem como base projetos de 2 edifícios de habitação sendo um edifício unifamiliar e outro edifício multifamiliar para que o estudo possa ser feito com base em 2 edifícios com necessidades de escala diferentes. Para cada edifício realizou-se um dimensionamento da rede interior de abastecimento segundo os limites e restrições impostos pelo RGSPDADAR e segundo os limites e restrições impostos pela Norma Europeia EN806-3.

Para que seja possível fazer uma análise comparativa dos dimensionamentos, definiu-se que em todos os projetos, o abastecimento de água para consumo, aconteceria através da rede pública e que em todos os projetos a pressão disponibilizada pela rede pública era mais do que suficiente para cumprir as necessidades. Por este motivo, em ambos os edifícios, a rede de abastecimento não necessita de grupos elevatórios e o dimensionamento das tubagens não fica sujeito à verificação detalhada das pressões, situação que é suficiente adequada aos objetivos visados, tanto mais que a Norma Europeia na sua forma mais simplificada, no uso das suas tabelas, condiciona os troços a dimensionar a um valor de perda de carga máxima.

O material escolhido para utilizado no dimensionamento das várias redes interiores de abastecimento foi o Policloreto de vinilo clorado (PVC-C). A escolha recaiu sobre este material pelo facto de este ser um material plástico e rígido que apresenta uma vasta gama de diâmetros e por permitir dimensionar para velocidades até 4 m/s, velocidade máxima permitida pela Norma Europeia.

Nos tópicos seguintes, procede-se à apresentação do traçado da rede escolhido para cada edifício e os resultados obtidos nos diferentes dimensionamentos tendo em conta o Regulamento português e a Norma Europeia.

3.2. EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

3.2.1. DISCRIÇÃO

O edifício em análise é um edifício unifamiliar destinado a habitação. É constituído por 3 pisos, uma cave, um rés-do-chão e um piso superior. Fazendo uma análise dos dispositivos previstos no dimensionamento da rede interior de abastecimento, a habitação apresenta: no piso superior 3 casas de banho, casas de banho essas que prevêm um total 5 lavatórios, 3 bacias de retrete, 2 bidés, 2 banheiras e 1 chuveiro. No piso de rés-do-chão a moradia é constituída por: 1 casa de banho e 1 cozinha onde temos um lavatório, uma bacia de retrete, um bidé, uma máquina de lavar louça e uma

pia lava-loiça. Por fim no piso inferior está localizada a lavandaria da habitação onde é necessário se prevê: um tanque e uma máquina de lavar roupa. Em seguida apresenta-se um corte da moradia em questão.

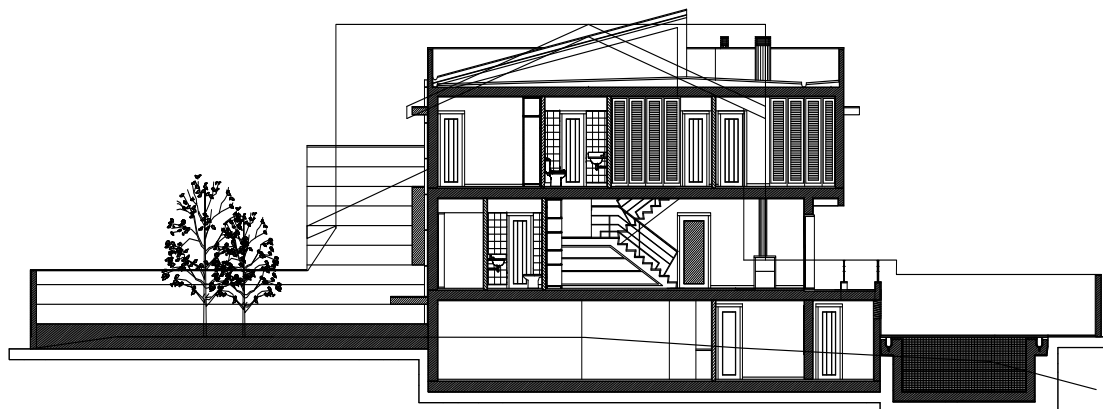


Fig.3.1 – Corte do edifício unifamiliar utilizado no estudo

3.2.2. TRAÇADO

Na realização do traçado da rede da moradia foram tidas em atenção algumas das regras gerais sobre o traçado de uma rede predial de abastecimento de água.

A representação das tubagens de água está representada nas plantas do edifício por um traçado contínuo de cor azulada. O traçado das tubagens foi desenhado para que tenha o trajeto mais curto possível para que haja uma melhoria económica e uma redução de perdas de cargas. O facto de o material escolhido se tratar de um plástico rígido fez com que o traçado tivesse que passar pelo interior das paredes, uma vez que, uma solução com a passagem das tubagens embutidas pelo pavimento não é regulamentarmente admitida e outras soluções como a de colocação das tubagens num tecto falso ou à vista não são aconselhadas ou compatíveis com o projeto em estudo.

A figura 3.2 mostra parte do traçado que foi projetado para a moradia e utilizado para o cálculo dos diâmetros segundo os dois métodos.

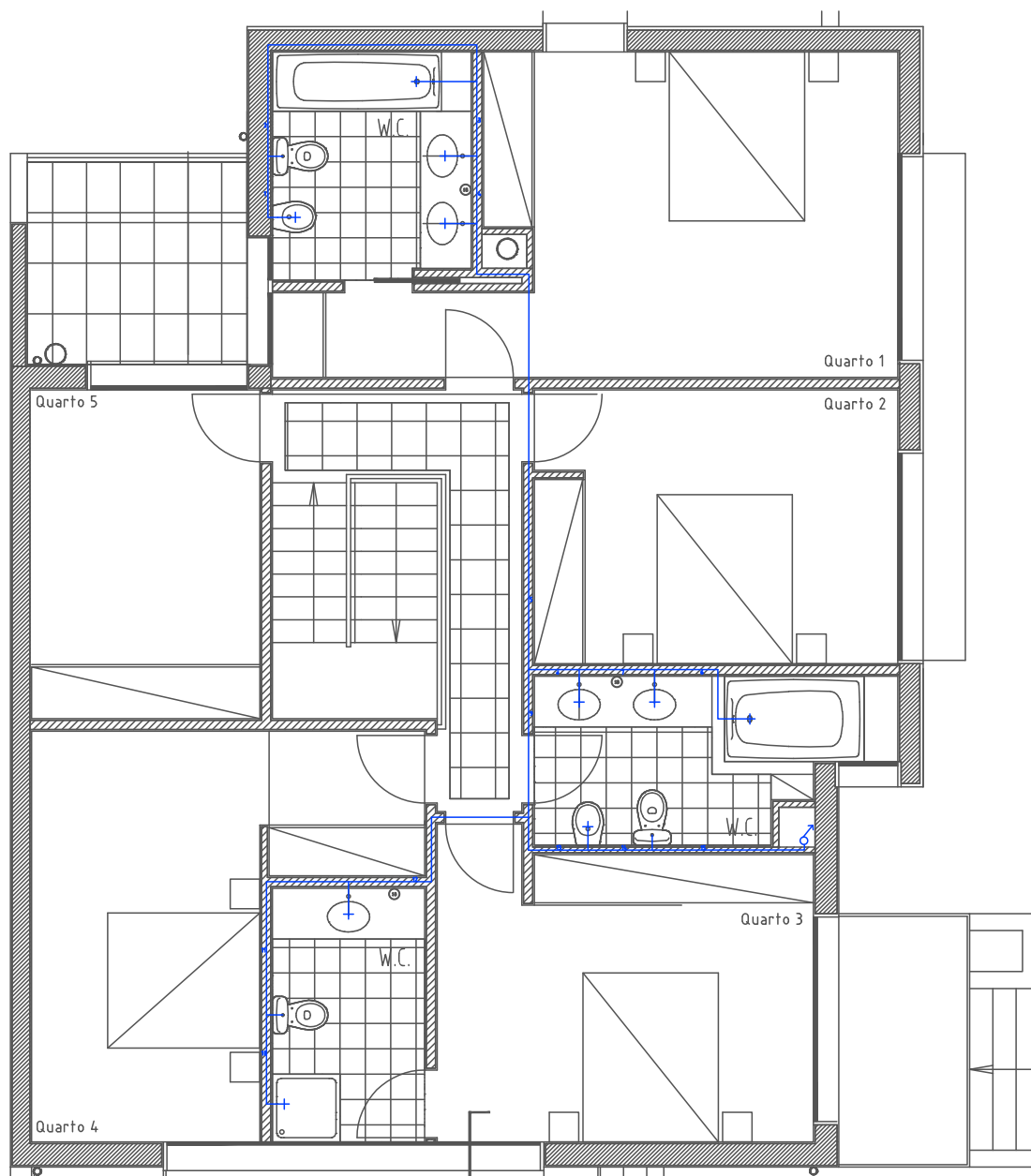


Fig.3.2 – Planta do piso 1 do edifício unifamiliar com o respectivo traçado da rede de abastecimento

O traçado apresentado na figura 3.2 representa o projecto de abastecimento idealizado para o piso superior da moradia. A restante rede de tubagens do edifício é apresentada no anexo.

3.2.3. DIMENSIONAMENTO

Para a habitação unifamiliar o dimensionamento da rede de abastecimento de água fria, teve em consideração as exigências impostas pelo RGSPDADAR, seguindo os procedimentos seguintes:

- Os caudais de cálculo foram obtidos pela equação 2.1 e pelo quadro 2.1;
- O método do coeficiente de simultaneidade adoptado foi o método de Delebecque através das fórmulas 2.3;
- Os diâmetros e as velocidades foram calculados através da expressão 2.12 seguindo o esquema 2.4 e respeitando os limites de velocidade impostos pelo RGSPDADAR.

Neste dimensionamento o cálculo das pressões, assim como, as suas verificações não foi tido em conta como acima se já referiu e fundamentou. O facto de se ter considerado que a pressão fornecida pela rede pública era mais do que suficiente, para que o abastecimento possa ocorrer de acordo os limites impostos pelo RGSPDADAR, fez com essa parte do dimensionamento não tenha sido incorporada nos cálculos. As perdas de carga existentes no projeto também não foram quantificadas visto, neste caso, não ter relevância para o dimensionamento.

Dos 3 níveis de conforto existentes foi considerado o nível de conforto normal. Na determinação do diâmetro procurou-se sempre obter a solução menos onerosa levando as velocidades perto dos 2 m/s quando os diâmetros internos do material escolhido o permitiam.

Para o dimensionamento com base na Norma Europeia EN 806-3 o processo foi feito através das tabelas presentes na Norma referente ao material escolhido. A verificação das velocidades permitidas no projeto também foi feita tendo por base o gráfico presente na figura 2.8 utilizando os diâmetros fornecidos pelas tabelas.

O quadro 3.1 apresenta uma pequena fração da folha de cálculo do dimensionamento da rede tendo por base o Regulamento Geral português.

Quadro 3.1 – Fracção da folha de cálculo utilizada para o dimensionamento seguindo o RGSPDADAR

Troço	ΣQ_a (l/s)	Q_c (l/s)	DN	D_i (mm)	D_{min} (mm)	U (m/s)
1	0,10	0,10	14(12)	10,6	11,28	1,13
2	0,20	0,20	14	12,4	15,96	1,66
3	0,45	0,36	20	18,4	21,49	1,36
4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51

No início da rede, quando a tubagem abastece um dispositivo com caudal mínimo instantâneo de 0.1 l/s, o cálculo permite tubagens de diâmetro 12 mm, mas pelo facto de na prática isto não se aplicar em obra o dimensionamento foi feito com diâmetros de 14 mm. Apenas nestes casos o dimensionamento não foi feito pelo menor diâmetro possível. As fórmulas do coeficiente de simultaneidade, determinado pelo método de Delebecque, apenas foram aplicadas a caudais acumulados superiores a 0.2 l/s.

Com base na Norma Europeia EN806-3 o dimensionamento fez-se como demonstra o quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Fração da folha de cálculo utilizada para o dimensionamento seguindo a EN806-3

Troço	ΣQ_a (l/s)	ΣQ_{min} (l/s)	$Q_{c(gráfico)}$ (l/s)	LU	L (m)	DN	D_i (mm)	D_{min} (mm)	U (m/s)
1	0,1	0,1	0,1	1	1	14	12,6	12	0,80
2	0,2	0,2	0,2	2	4,2	14	12,6	12	1,60
3	0,6	0,5	0,46	6	0,9	20	18,4	15,4	1,73
4	0,7	0,6	0,48	7	0,8	20	18,4	15,4	1,81

Apesar de não ser necessário, de acordo com o método proposto pela Norma, no quadro apresenta-se uma coluna para o caudal de cálculo e uma coluna para a verificação da velocidade de escoamento. Esta determinação do caudal de cálculo por observação do gráfico 1.1 e a verificação da velocidade foi feita sobretudo para comparar as diferenças de velocidade entre o Regulamento português e a Norma Europeia porque para o dimensionamento propriamente dito não é algo de essencial, visto as tabelas terem sido elaboradas de forma a precaver a não existência de velocidades superiores às permitidas pela Norma.

Os resultados finais do dimensionamento relativo à habitação unifamiliar podem ser analisados no quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Resultados obtidos no dimensionamento segundo os dois métodos para o edifício unifamiliar

Troço	RGSPDADAR				EN806-3				
	ΣQ_a (l/s)	Q_c (l/s)	DN	U (m/s)	ΣLU	Q_c (l/s)	L (m)	DN	U (m/s)
1	0,10	0,10	14(12)	1,13	1	0,10	1,0	14	0,80
2	0,20	0,20	14	1,66	2	0,20	4,2	14	1,60
3	0,45	0,36	20	1,36	6	0,46	0,9	20	1,73
4	0,55	0,40	20	1,51	7	0,48	0,8	20	1,81
5	0,65	0,44	20	1,65	8	0,50	6	20	1,88
6	0,25	0,27	16	1,65	4	0,40	1,7	14	3,21
7	0,35	0,32	20	1,20	5	0,43	0,9	14	3,45
8	0,45	0,36	20	1,36	6	0,46	0,6	20	1,73
9	1,10	0,57	25	1,37	14	0,62	1,8	25	1,48
10	0,15	0,15	14	1,24	2	0,20	1	14	1,60
11	0,25	0,27	16	1,65	3	0,24	2,6	14	1,92
12	0,35	0,32	16	1,96	4	0,27	2,9	14	2,17
13	1,45	0,66	25	1,58	18	0,62 5	1,1	25	1,49
14	1,55	0,68	25	1,63	19	0,64	0,8	25	1,52

15	1,65	0,71	25	1,69	20	0,66	5,3	25	1,57
16	1,75	0,73	25	1,74	21	0,68	0,7	32	0,99
17	1,85	0,75	25	1,79	22	0,20	3,2	32	0,29
18	0,20	0,24	14	1,92	2	0,20	1,0	14	1,60
19	0,40	0,34	20	1,28	4	0,27	13,7	20	1,02
20	0,20	0,24	14	1,98	2	0,20	1,7	14	1,60
21	0,35	0,32	20	1,20	4	0,27	6,5	20	1,02
22	0,75	0,47	20	1,77	8	0,36	3,9	20	1,35
23	2,60	0,89	32	1,30	30	0,77	0,6	32	1,12
24	2,70	0,91	32	1,32	31	0,78	7,0	32	1,13

No quadro 3.3 apresentam-se 3 diferentes cores com objectivo de tornar a sua análise mais rápida e facilmente perceptível. Nas colunas onde estão estabelecidos os diâmetros nominais, resultantes do dimensionamento, a cor vermelha e a cor verde significam que o diâmetro calculado segundo um método é superior ou inferior ao diâmetro calculado segundo o outro método, sendo que as células a verde apresentam um diâmetro inferior, as células a vermelho um diâmetro superior e as células azuis apresentam o mesmo diâmetro em ambos os métodos. Importante referir que na coluna das velocidades estão referenciados a vermelho os valores superiores a 2 m/s, permitidos pela Norma Europeia.

No que toca ao dimensionamento e partindo dos resultados obtidos, pode perceber-se que o uso dos dois métodos leva a uma diferença de diâmetros em algumas poucas situações. Os resultados mostram uma diferença de diâmetros de apenas 25% entre os dois tipos de dimensionamento.

No quadro seguinte apresentam-se as similaridades e divergências nos diâmetros resultantes do dimensionamento da moradia utilizando os dois métodos.

Quadro 3.4 – Diferenças dos resultados obtidos com a aplicação dos dois métodos para o edifício unifamiliar

Diferença da EN806-3 para com RGSPDADAR (DN por troço)		
Diâmetro igual	18 em 24	75%
Diâmetro inferior	4 em 24	17%
Diâmetro superior	2 em 24	8%

No quadro 3.3 pode-se observar que a utilização das tabelas de dimensionamento que se apresentam na Norma e que leva, em alguns casos, a valor das velocidades superiores a 2 m/s (limite máximo definido no RGSPDADAR) e não ultrapassa o limite de 4 m/s, limite máximo pela EN806-3. Verifica-se a existência de velocidades próximas do limite (4 m/s) em alguns troços, mas estes encontram-se nos sub-ramais da rede de abastecimento como estabelece a Norma.

Analisando o quadro consegue-se fazer uma associação direta entre a possibilidade de a velocidade ultrapassar os 2 m/s e a diferença de diâmetros resultantes. Assim, um estudo mais pormenorizado do

quadro 3.3 permite verificar que quando esta velocidade é ultrapassada, o diâmetro calculado das tabelas é inferior ao diâmetro calculado pelo método do Regulamento português, pois se a velocidade fosse limitada ao valor máximo de 2,00 m/s os diâmetros tornar-se-iam idênticos.

Seguidamente apresenta-se o dimensionamento final do piso superior da moradia. Na figura 1.1 estão representados os diâmetros obtidos por ambos os métodos, a vermelho está o dimensionamento segundo RGSPDADAR e a verde o dimensionamento segundo a EN806-3. O traçado da rede de abastecimento está representada nos tons de azul sendo que nos troços onde a velocidade ultrapassou os 2 m/s a cor utilizada foi magenta.

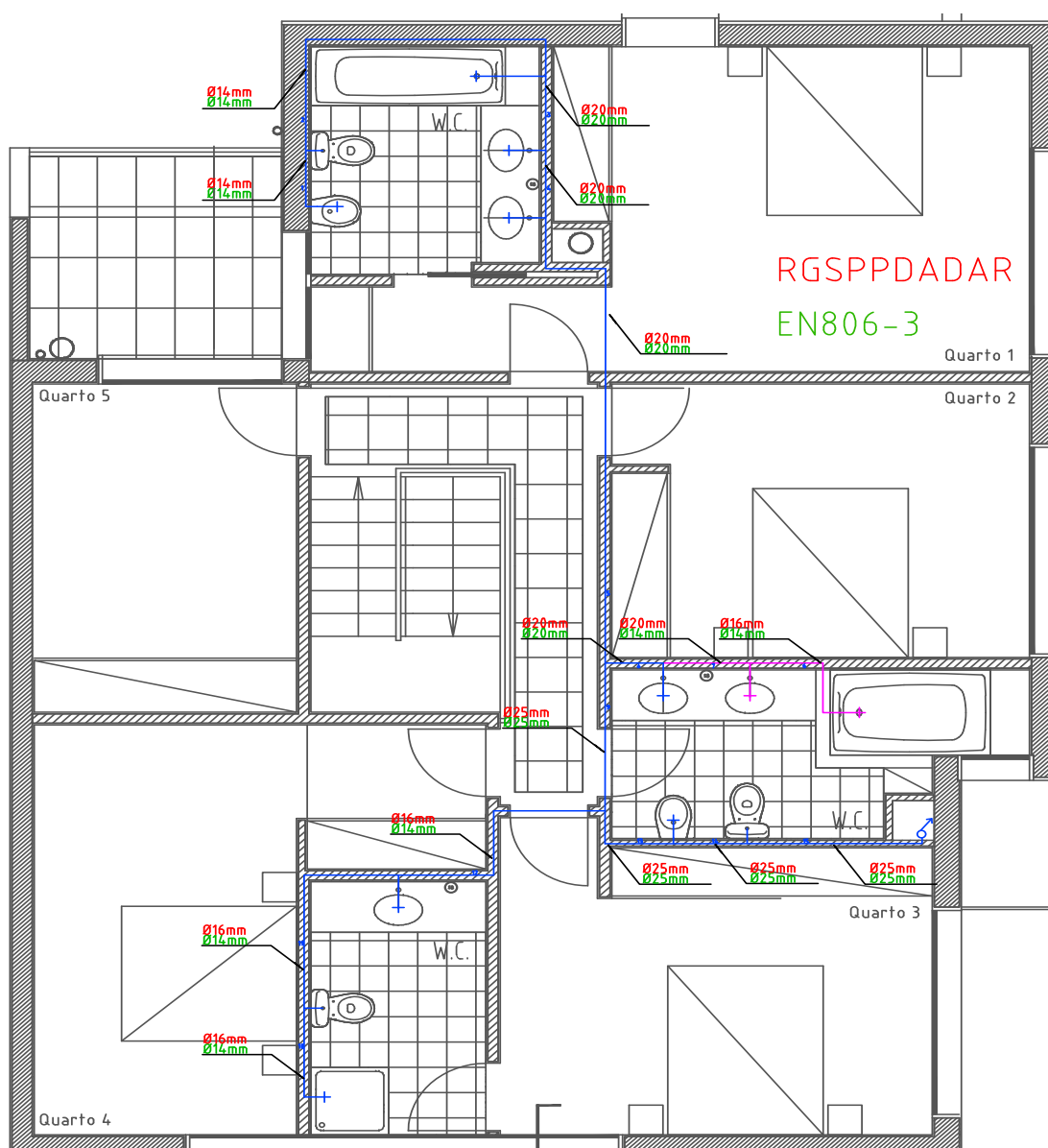


Fig.3.3 – Planta do piso 1 do edifício unifamiliar com o respetivo dimensionamento segundo os dois métodos.

As diferenças do dimensionamento neste caso de estudo situaram-se sobretudo nos troços em que a secção tinha que fornecer um caudal acumulado nos intervalos [0,25 a 0,35] (l/s) ou [3 a 5] (LU), sendo que os dois primeiros intervalos resultavam num diâmetro inferior por parte da Norma Europeia

e o último dava origem a diâmetros superiores aos diâmetros resultantes da aplicação do RGSPDADAR.

No quadro 3.3 pelos troços 19 e 21 no traçado projetado para a moradia pode-se perceber a preocupação da norma para com as perdas de carga associadas a tubagens com menores diâmetros. Em ambos os troços as unidades de carga acumuladas resultariam num diâmetro inferior, mas pelo facto de os troços apresentarem comprimentos superiores aqueles que a norma exige os troços tiveram que ser dimensionado com o diâmetro seguinte. Esta preocupação pela Norma pela perda de carga no caso do PVC-C acontece até 5 unidades de carga.

3.3. EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR

3.3.1. DISCRIÇÃO

O edifício multifamiliar selecionado é destinado exclusivamente a habitação. Tem 7 pisos: 1 piso subterrâneo, rés-do-chão e 5 pisos elevados. Do rés-do-chão ao piso 5 o edifício é composto por 11 frações, as quais apresentam a tipologia: 1 - 3+1, 2 - T1+1, 1 - T3, 4 - T3+1 e 3 apartamentos dúplex, sendo 2 deles de tipologia T5 e 1 T4. No total, é necessário dimensionar uma rede que consiga satisfazer 34 lavatórios, 34 bacias de retrete, 27 bidés, 21 banheiras, 6 chuveiros, 11 máquinas de lavar roupa, 11 tanques, 11 máquinas de lavar louça e 11 Pias lava-louça. A figura 1.1 representa um corte do edifício.



Fig.3.4 – Corte do edifício multifamiliar utilizado no estudo

3.3.2. TRAÇADO

Na realização do traçado da rede, para um posterior dimensionamento, à semelhança do que foi feito para a moradia unifamiliar, foram tidas em atenção algumas das regras gerais sobre o traçado de uma rede predial de abastecimento de água.

A representação das tubagens de água está feita nas plantas do edifício por um traçado contínuo de cor azulada. O traçado das tubagens foi concebido para que tenha o trajeto mais curto possível, para obter uma melhoria económica e uma redução de perdas de cargas. O facto de o material escolhido se tratar de um plástico rígido fez com que o traçado tivesse que passar pelo interior das paredes, uma vez que, uma solução com a passagem das tubagens pelo pavimento não é regulamentarmente admitida e, outras soluções, como a de colocação das tubagens num tecto falso ou à vista não são aconselhadas ou compatíveis com o projeto em estudo. As tubagens à vista apenas são consideradas na zona da cave pelo facto de se tratar de um local destinado exclusivamente ao estacionamento automóvel, solução essa utilizada para que a água proveniente da rede pública tenha ligação com as colunas verticais que fazem o abastecimento de água para os diferentes pisos. Outra regra aplicada foi a de que as tubagens de fazem abastecimento a uma determinada fração não podem passar pela fração vizinha.

A representação do traçado efetuado aparece em seguida na figura 1.1 onde se podem visualizar as tubagens projetadas para uma fração situada no rés-do-chão.

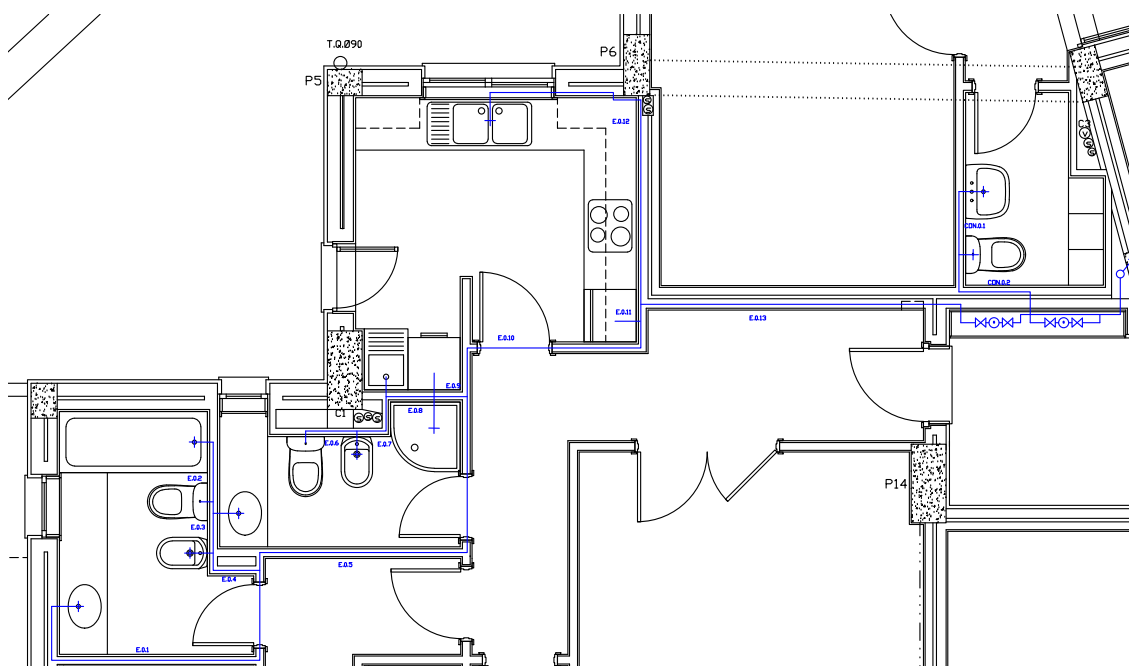


Fig.3.5 – Planta de um fogo situado no rés-do-chão do edifício multifamiliar com o respectivo traçado da rede de distribuição de água fria

3.3.3. DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da rede de abastecimento predial de água fria para o edifício multifamiliar realizou-se seguindo os mesmos procedimentos adoptados para a moradia:

- Os caudais de cálculo foram obtidos pela equação 2.1 e pelo quadro 2.1;
- O método do coeficiente de simultaneidade adoptado foi o método de Delebecque através das fórmulas 2.3;
- Os diâmetros e as velocidades foram calculados através da expressão 2.12 seguindo o esquema 2.4 e respeitando os limites de velocidade impostos pelo RGSPDADAR.

Neste caso no cálculo das pressões, assim como, as suas verificações também não foram tidos em conta pelo fato de se ter considerado que a pressão fornecida pela rede publica era mais do que suficiente, para que o abastecimento possa ocorrer de acordo os limites impostos pelo RGSPDADAR, pelo que essa parte do dimensionamento não foi incorporada nos cálculos. As perdas de carga também não foram quantificadas visto, neste caso, não ter relevância para o dimensionamento, atendendo às limitações de perda de carga colocadas pelo método da Norma europeia na sua forma simplificada.

Dos 3 níveis de conforto existentes, a semelhança do que se fez para a moradia, considerou-se o nível de conforto normal. Na determinação do diâmetro procurou-se sempre obter a solução menos onerosa levando as velocidades perto dos 2 m/s quando os diâmetros internos do material escolhido o permitiam.

Para o dimensionamento com base na Norma Europeia EN 806-3 o processo foi feito através das tabelas presentes na Norma referente ao material escolhido. A verificação das velocidades permitidas no projeto também foi feita tendo por base o gráfico presente na figura 2.4 utilizando os diâmetros fornecidos pelas tabelas.

Em seguida, no quadro 3.5, é apresentado os resultados obtidos no dimensionamento de um das frações situadas no piso 5 do edifício em estudo.

Quadro 3.5 – Resultados obtidos no dimensionamento segundo os dois métodos para uma fração situada no 4º e 5º andar do edifício multifamiliar.

Troço	RGSPDADAR					EN806-3			
	Q _a (l/s)	Q _c (l/s)	DN	U (m/s)	Σ LU	Q _c (l/s)	L (m)	DN	U (m/s)
D.5.1	0,1	0,10	14 (12)	1,13	1	0,10	5,2	14	0,83
D.5.2	0,1	0,10	14 (12)	1,13	1	0,10	0,6	14	0,83
D.5.3	0,3	0,29	16	1,81	3	0,24	0,9	14	1,99
D.5.4	0,55	0,40	20	1,51	7	0,48	0,4	20	1,81
D.5.5	0,65	0,44	20	1,65	8	0,50	1,5	20	1,88
D.5.6	0,75	0,47	20	1,77	9	0,53	0,6	20	1,97
D.5.7	0,25	0,25	16	1,54	4	0,40	2,5	14	3,31
D.5.8	0,35	0,32	16	1,96	5	0,43	0,2	14	3,56
D.5.9	1,1	0,57	25	1,37	14	0,60	9,4	25	1,43

D.5.10	0,1	0,10	14 (12)	1,13	1	0,10	1,9	14	0,83
D.5.11	0,2	0,20	14	1,66	2	0,20	5	14	1,66
D.5.12	0,35	0,32	16	1,96	4	0,27	5,2	14	2,24
D.5.13	1,45	0,66	25	1,58	18	0,63	0,3	25	1,49
D.4.1	0,15	0,15	14	1,24	2	0,20	3	14	1,66
D.4.2	0,35	0,32	16	1,96	4	0,27	5,4	14	2,24
D.4.3	0,2	0,20	14	1,66	2	0,20	0,7	14	1,66
D.4.4	0,4	0,34	20	1,28	4	0,27	5,9	14	2,24
D.4.5	0,75	0,47	20	1,77	8	0,36	2,32	20	1,35
D.4.6	0,1	0,10	14 (12)	1,13	1	0,10	0,6	14	0,83
D.4.7	0,2	0,20	14	1,66	2	0,20	1,7	14	1,66
D.4.8	0,95	0,53	20	2,00	10	0,40	1,02	20	1,50
D.4.9	0,15	0,15	14	1,24	2	0,20	2,6	14	1,66
D.4.10	0,25	0,25	16	1,54	3	0,24	1,6	14	1,99
D.4.11	1,2	0,60	25	1,43	13	0,59	6,8	25	1,40
D.4.12	2,65	0,90	32	1,31	31	0,78	2,8	32	1,13

Como se pode constatar pela observação do quadro 3.5 mantém-se tendência para pela Norma Europeia se obterem diâmetros inferiores em certo intervalo de caudais de cálculo. As variações de diâmetros entre os dois métodos de cálculo, residem essencialmente nos caudais acumulados mais baixos, nomeadamente nos caudais compreendidos entre [0,25 a 0,4] (l/s) ou [3 a 5] (LU). Mais uma vez pode-se constatar que esta situação ocorre nos sub-ramais da rede de dimensionamento pelo facto de o limite de velocidade nestes casos, segundo a norma, ser superior a 2 m/s.

No quadro 3.6 pode verificar-se o dimensionamento efectuado numa outra fração do edifício em estudo, em que se obtêm outro tipo de diferenças de diâmetros entre os 2 métodos aplicados.

Quadro 3.6 – Resultados obtidos no dimensionamento segundo os dois métodos para uma fração situada no 3º andar do edifício multifamiliar.

Troço	RGSPDADAR				EN806-3				
	Q _a (l/s)	Q _c (l/s)	DN	U (m/s)	Σ LU	Q _c (l/s)	L (m)	DN	U (m/s)
D.3.1	0,25	0,25	16	1,54	4	0,40	0,8	14	3,31
D.3.2	0,35	0,32	16	1,96	5	0,43	0,6	14	3,56
D.3.3	0,45	0,36	20	1,36	6	0,46	0,45	20	1,73
D.3.4	0,1	0,10	14 (12)	1,13	1	0,10	3	14	0,83
D.3.5	0,55	0,40	20	1,51	7	0,48	5,4	20	1,81

D.3.6	0,2	0,20	16	1,23	2	0,20	4,8	14	1,66
D.3.7	0,35	0,32	16	1,96	4	0,40	0,3	14	3,31
D.3.8	0,2	0,20	14	1,66	2	0,20	0,7	14	1,66
D.3.9	0,4	0,34	20	1,28	3	0,24	3,8	14	1,99
D.3.10	0,75	0,47	20	1,77	8	0,50	1,2	20	1,88
D.3.11	1,3	0,63	25	1,49	15	0,61	1	25	1,46
D.3.12	0,1	0,10	14 (12)	1,13	1	0,10	0,6	14	0,83
D.3.13	0,2	0,20	14	1,66	2	0,20	1,2	14	1,66
D.3.14	1,5	0,67	25	1,61	17	0,62	2,5	25	1,48
D.3.15	1,75	0,73	25	1,74	21	0,68	1,15	32	0,99
D.3.16	1,85	0,75	25	1,79	22	0,70	2,8	32	1,02
D.3.17	1,95	0,77	25	1,84	23	0,72	0,8	32	1,05
D.3.18	2,05	0,79	25	1,89	24	0,74	4,6	32	1,08

Neste quadro 3.6 o dimensionamento, com base na Norma, nem sempre leva a menores diâmetros, no traçado projetado para a fração em questão. Os troços com maior caudal conduzem a um diâmetro superior, quando adoptado o método da Norma.

Para que a análise esteja mais completa, em seguida representa-se, quadro 3.7, o comportamento da aplicação dos 2 métodos em estudo para as ligações existentes entre as frações piso a piso (coluna montante) que constituem o edifício em estudo.

Quadro 3.7 – Resultados obtidos para as duas colunas montante projectadas para o edifício multifamiliar

Troço	RGSPPDADAR				EN806-3				
	Q _a (l/s)	Q _c (l/s)	DN	U (m/s)	Σ LU	Q _c (l/s)	L (m)	DN	U (m/s)
Col.E.(4/5)	1,75	0,73	25	1,74	20	0,67	/	25	1,61
Col.E.(3/4)	1,75	0,73	25	1,74	20	0,67	/	25	1,61
Col.E.(2/3)	4,6	1,18	32	1,72	54	0,87	/	40	0,81
Col.E.(1/2)	6,65	1,44	40	1,34	78	1,1	/	40	1,02
Col.E.(0/1)	8,7	1,67	40	1,55	102	1,2	/	40	1,12
Col.E.(-1/0)	10,65	1,86	40	1,73	124	1,3	/	40	1,21
Col.D.(3/4)	2,65	0,90	32	1,31	31	0,75	/	32	1,09
Col.D.(2/3)	4,7	1,20	32	1,74	55	0,95	/	40	0,88
Col.D.(1/2)	6,75	1,46	40	1,35	79	1,1	/	40	1,02
Col.D.(0/1)	10,45	1,84	40	1,71	123	1,3	/	40	1,21

Col.D.(-1/0)	10,45	1,84	40	1,71	123	1,3	/	40	1,21
R/C.1	1,75	0,73	25	1,74	20	0,65	/	25	1,54
R/C.2	2,05	0,79	25	1,89	25	0,8	/	32	1,16
R/C.3	10,65	1,86	40	1,73	124	1,30	/	40	1,21
R/C.4	21,10	2,68	50	1,59	247	1,60	/	50	0,95
Lig. -1.0	23,15	2,82	50	1,67	272	1,65	/	50	0,98
Rede Publica	24,45	2,90	50	1,72	287	1,70	/	50	1,10

O dimensionamento completo do edifício agora em estudo pode melhor e mais exaustivamente ser analisado nos anexos, onde aparecem os cálculos efectuados na determinação dos diâmetros segundo os dois métodos e as plantas do edifício com o respectivo traçado da rede de abastecimento que serviu como base para o dimensionamento.

No edifício multifamiliar as diferenças de resultados nos diâmetros calculados pela Norma Europeia e o RGSPDADAR são apresentados no quadro 3.8 seguinte:

Quadro 3.8 – Diferenças dos resultados obtidos com a aplicação dos dois métodos para o edifício multifamiliar

Diferença da EN806-3 para com RGSPDADAR (DN por troço)		
Diâmetro igual	167 em 235	71%
Diâmetro inferior	48 em 235	21%
Diâmetro superior	20 em 235	8%

Efectuado o dimensionamento e analisando todos os diâmetros obtidos nas diferentes frações do edifício verifica-se que para mais de dois terços dos troços se obtêm diâmetros iguais utilizando um ou outro método. O método baseado na Norma Europeia permite a utilização de diâmetros inferiores ao RGSPDADAR para caudais acumulados compreendidos entre 2,5 l/s e 4 l/s (3LU a 5LU), em contra partida e em alguns casos, para caudais mais elevados acontece que o método da Norma Europeia impõe diâmetros superiores. Neste projeto o dimensionamento de diâmetros superiores, quando utilizado o método da Norma verificaram-se para as situações seguintes: caudais acumulados de 0,9 l/s (11LU); caudais entre 1,75 e 2,05 l/s (20 a 24 LU), caudais de 4,6 (54LU) e 4,7 l/s (55LU).

Na figura 3.6 representa-se o traçado e o dimensionamento efectuado para uma fração situada no 1º andar do edifício. Na imagem o traçado da rede de abastecimento de água está a tons azul sendo que o azul claro mostra a zona do traçado em que a canalização segundo o método da Norma Europeia toma valores de velocidade superiores a 2 m/s, permitida como máximo no Regulamento português.

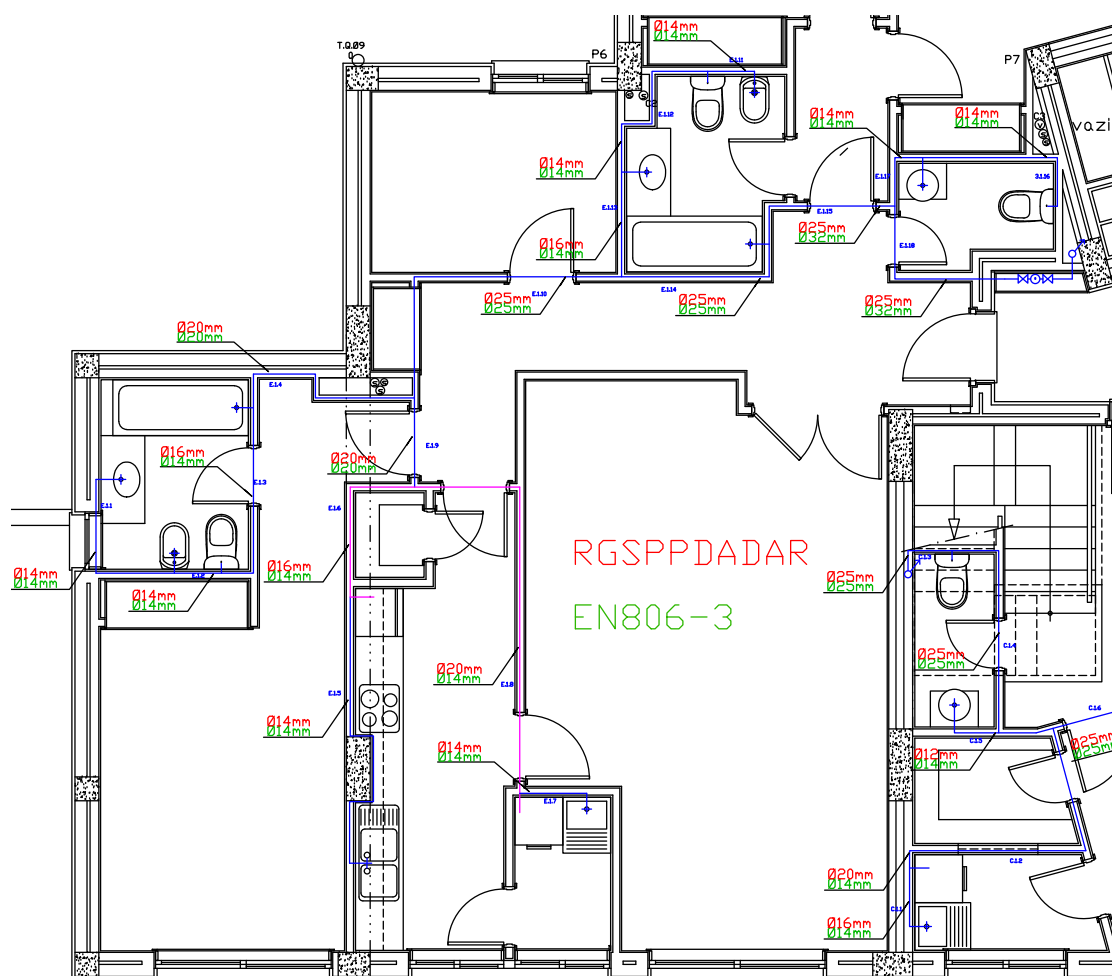


Fig.3.6 – Planta de uma fracção situada no 1º piso do edifício unifamiliar com o respetivo dimensionamento segundo os dois métodos.

3.4. ANÁLISE / COMPARAÇÃO DOS REGULAMENTOS FACE AOS RESULTADOS OBTIDOS

Após o desenvolvimento do estudo comparativo resultante da aplicação dos métodos enunciados estamos agora em condições de apresentar uma análise e efectuar a comparação da Norma Europeia EN806-3 e do RGSPDADAR. Para tal ter-se-á com base o estudo aprofundado das indicações e imposições presentes nos dois métodos e na observação dos resultados obtidos no dimensionamento das duas situações desenvolvidas – edifício de habitação unifamiliar e edifício de habitação multifamiliar.

Com a observação dos resultados obtidos pelos dois métodos conclui-se que estes apresentam diferentes limites em termos de pressões e velocidades, O RGSPDADAR é mais rígido no que refere a velocidades, no qual se limita a velocidade a 2 m/s. A Norma Europeia alarga esse limite para 4 m/s no caso dos sub-ramais. Por outro lado, em termos de pressões, a Norma apresenta um intervalo mais reduzido permitindo que as pressões sejam adotadas de 100kPa a 500kPa. O Regulamento Geral português admite a adoção de pressões de 50kPa a 600kPa.

Outro aspecto que apresentou diferenças nos dois métodos foram os caudais instantâneos de alguns aparelhos utilizados nos sistemas de abastecimento predial de água.

Através da análise global deste último capítulo e do anterior podemos, desde já, concluir que os dois métodos apresentam aspetos inconcórdáveis e estes aspetos devem ser harmonizados para que não haja possibilidade de conflitos na elaboração dos projectos. A imposição do Regulamento Geral português para as velocidades sejam inferiores a 2 m/s e a permissão da Norma para que as velocidades possam atingir 4 m/s é algo que deve ser harmonizado e o mesmo se pode dizer relativamente as pressões admissíveis nos dois métodos.

Neste capítulo, através da observação dos resultados obtidos nas diferentes situações dimensionadas, verifica-se que em grande parte dos troços dimensionados (71% dos troços) os resultados não diferem, obtendo-se os mesmos diâmetros na utilização do RGSPDADAR ou na utilização do método simplificado (tabelas) da EN806-3. Nos restantes 25 a 29 %, respetivamente para a moradia e para o edifício multifamiliar, os troços onde se verificaram as diferenças de diâmetros tal resultou num dimensionamento de troços da rede de menor diâmetro, por parte da Norma Europeia, para 17% e 21% das secções analisadas e, um dimensionamento de troços da rede de menor diâmetro, por parte do Regulamento Geral português, para 8% dos troços. Relativamente a estas diferenças nos diâmetros, observou-se que acontecem essencialmente nos sub-ramais para caudais de 2,5 l/s a 4 l/s (3LU a 5LU) em que a Norma Europeia permite que a velocidade de escoamento ultrapasse os 2 m/s. Através das diferenças anteriormente descritas percebe-se que é possível realizar um dimensionamento com a utilização das tabelas fornecidas pela Norma Europeia e ao mesmo tempo respeitando o Regulamento Geral português e para isso deve escolher-se o diâmetro seguinte ao diâmetro obtido pelas tabelas da Norma para caudais que estejam entre 2,5 l/s e 4 l/s (3LU a 5LU), desta maneira garante-se a velocidade de escoamento da água não ultrapasse de 2 m/s.

De uma forma geral verifica-se que o uso de um ou outro método está dependente fundamentalmente do tipo de utilização do edifício e dos níveis de conforto pretendidos no sistema de abastecimento de água a implementar. Com base em algumas características, referidas no capítulo 2, neste capítulo e posteriormente reforçadas nos parágrafos acima, podem definir-se uma série de recomendações para o dimensionamento dos sistemas prediais de abastecimento de água fria com base em alguns parâmetros, permitindo-se deste modo harmonizar entre si os dois métodos que vimos estudando.

Relativamente ao RGSPDADAR conclui-se que se trata de um documento que pode ser usado no dimensionamento dos diversos tipos de abastecimento e para os diversos tipos de edifícios e utilizações. Neste documento não apresentado um método de cálculo vinculativo oferece mais flexibilidade, pois pode ser aplicado tanto para um sistema de abastecimento com nível de conforto normal como para um sistema de abastecimento com nível de conforto elevado, pelo facto de permitir a alteração de variáveis como o caudal de cálculo e as velocidades. Por outro lado, trata-se de normas com alguns anos e por isso seria prudente utilizar os limites de pressões estabelecidos na Norma Europeia pelo simples facto, de estes estarem mais de acordo com os aparelhos mais atuais, isto para que não haja o risco de incompatibilidade com os aparelhos importados de países onde a Norma Europeia seja aplicada.

A Norma Europeia EN806-3 apresenta um método simplificado que torna o processo de dimensionamento mais fácil, prático e rápido. Porém pode concluir-se que se trata de um método com um campo de aplicação restrito e o dimensionamento leva à criação de redes de abastecimento com níveis de conforto mais reduzidos. O método simplificado apenas pode ser utilizado para sistemas “normais” (entenda-se simplificadamente a construção residencial para uma ou mais famílias, além de blocos de apartamentos de vários andares), a EN806-3 não é apropriada para o dimensionamento de circuitos de retorno e não é recomendada para construções que necessitem de níveis de conforto mais elevados. O seu dimensionamento para edifícios que necessitem de níveis de conforto mais elevados não pode passar pela aplicação das tabelas, para estes casos deve ser usado o gráfico presente no

documento e a utilização das fórmulas “*normais*” da hidráulica (tradicional da mecânica dos fluídos) para obtenção do diâmetro. Para que não se verifique incompatibilidade e incongruência com o Regulamento Geral português, em termos de velocidades, seria aconselhável quando da utilização das tabelas fornecidas, que se fizesse um ajuste nos diâmetros obtidos para valores de caudais de 3LU a 4LU. O ajuste poderia ser a atribuição do diâmetro seguinte ao diâmetro indicado nas tabelas e assim o problema das velocidades poderem ultrapassar os 2 m/s estaria resolvido. A otimização deste método pode também passar por uma verificação do diâmetro para os casos em que o caudal acumulado ultrapasse o limite estabelecido pela tabela, como por exemplo, se a tabela define que uma tubagem de diâmetro nominal 20 pode escoar um caudal de 20LU e se a secção em estudo apresentar um caudal de escoamento de 21 ou 22LU, deve ser analisada a possibilidade de aplicação do diâmetro nominal 20, em vez do 25 indicado nas tabelas, porque através dos resultados percebe-se que em alguns desses casos a aplicação do diâmetro imposto pelas tabelas levam a velocidades de escoamento muito baixas, quando essas tubagens poderiam ser de um diâmetro inferior não desrespeitando os limites de velocidade.

4

Síntese e Conclusões

A dissertação passava essencialmente pelo estudo comparativo entre o dimensionamento regulamentar português e novas propostas de dimensionamento (Normas Europeias), tendo como base projetos de dois edifícios de habitação (edifício unifamiliar e edifício multifamiliar) e com isso analisar os resultados obtidos e verificar a melhor aplicabilidade de cada uma das normas no dimensionamento dos sistemas prediais de abastecimento de água fria. A descrição geral da conceção das redes prediais de abastecimento de água foi um ponto também abordado e explorado na parte inicial da dissertação, local onde são referidas as várias possibilidades existentes na criação de redes interiores relativamente aos: tipos de sistemas de abastecimento, tipos de instalações, tipos de materiais das tubagens e os vários dispositivos inerentes a um sistema predial de abastecimento.

No primeiro capítulo desenvolve-se uma observação sobre o atual “*estado de arte*” no que se refere a conceção de redes interiores de água com especial atenção para edifícios de carácter habitacional.

Na abordagem ao “*estado de arte*” foram analisados os diferentes tipos de abastecimentos existentes de forma a garantir condições de pressão e caudal com a qualidade e quantidade adequadas, verificou-se que existem diferentes tipos de abastecimento entre os quais: sistemas diretos, sistemas indiretos e sistemas mistos, e que a escolha do sistema ideal deve basear-se nas informações sobre as pressões disponíveis no local e tipo de fornecimento, nas condicionantes impostas pelo Regulamento Geral português e no nível de conforto pretendido na utilização dos sistemas.

Os tipos de instalações das redes interiores de distribuição de água também foram sujeitos a uma análise tendo-se verificado da existência de dois grandes tipos de instalações: as instalações em série e as instalações em paralelo. As instalações em série estão associadas aos materiais rígidos, normalmente necessitam de ser embutidos nas paredes divisórias dos edifícios, são instalações que precisam de muitos cuidados no dimensionamento do seu traçado face as imposições presentes no Regulamento Geral e são instalações que levam a perdas de carga localizada significativas ao longo do seu traçado quando neste ocorre mudanças de direção. As instalações em paralelo associadas aos materiais plásticos flexíveis distinguindo-se das anteriores pelo facto das suas tubagens poderem serem embutidas nos pavimentos e o abastecimento dos diversos aparelhos ser feito individualmente a partir de uma caixa de derivação. Este tipo de instalações tem vindo a ser utilizado desde o aparecimento de materiais plásticos flexíveis e apresentam grandes vantagens relacionadas com a diminuição de perdas de cargas localizadas, facilidade na concepção do traçado e um grande melhoramento na facilidade de reparação das tubagens danificadas ao longo das redes de distribuição de água.

Depois do estudo dos tipos de sistemas de abastecimento e dos tipos de instalações, foi efetuada uma observação dos materiais que as compõem. Foram igualmente estudados os sistemas de bombagem, os reservatórios e os dispositivos utilizados em sistemas de abastecimento predial de água.

Relativamente aos materiais constatou-se que as tubagens das redes de distribuição de água fria podem ser divididas em dois grupos: as tubagens metálicas e as tubagens plásticas. As tubagens metálicas apresentam uma área mais vasta de aplicação, elas podem ser utilizadas em sistemas de combate a incêndios e em qualquer tipo de abastecimento de água para consumo, quer seja de água fria ou de água quente, o mesmo não se aplica às tubagens plásticas pois estas estão limitadas às redes de abastecimento de água para consumo podendo ou não, consoante o tipo de plástico escolhido, ser utilizado em sistemas de água quente. Ainda sobre os materiais, pode verificar-se, na análise efectuada a cada material, que os vários materiais normalmente utilizados nos sistemas de abastecimento de água possuem diferentes características uns dos outros o que é compreensível pois o seu aparecimento no mercado visou acrescentar ou melhorar as características dos materiais já existentes. Aqui não se procurou tirar nenhuma conclusão quanto ao material ideal para execução de sistemas de abastecimento, mas sim uma exposição das vantagens e desvantagens de cada material com base na componente económica, na sua aplicabilidade e nas suas características.

Os sistemas de bombagem, reservatórios e os acessórios (contadores e válvulas) inerentes a uma rede de abastecimento de água foram analisados e retratados no mesmo capítulo, tendo sido descritas as várias opções existentes e a aplicabilidade de cada um, mas a escolha da melhor solução, assim como todos os outros assuntos tratados no primeiro capítulo, fica dependente das características e necessidades do sistema de abastecimento a ser projetado.

O capítulo 2 foi dedicado à abordagem das duas normas em apreciação para dimensionamento de sistemas prediais de abastecimento de água. Neste capítulo foi descrito todo o processo de cálculo que está presente nos métodos propostos, tanto o RGSPDADAR como a Norma Europeia EN806-3, ou seja, expõem-se os diferentes métodos de cálculo dos diâmetros das tubagens. Verifica-se que o Regulamento Geral português dá indicações claras como poderá ser feito o dimensionamento das tubagens, mas não restringe a sua aplicação ao método sugerido (método de Delebecque). RGSPDADAR estabelece os caudais mínimos instantâneos a serem considerados no dimensionamento e coloca limites em termos de velocidades e de pressões a condicionar o dimensionamento. Quanto à obtenção do caudal de cálculo o Regulamento Geral sugere um método gráfico (método de Delebecque) que permite a conversão dos caudais acumulados em caudais de cálculo através da observação de gráficos disponibilizados ou através de fórmulas criadas para representar o comportamento das curvas dos gráficos. Mas considera a utilização de outros métodos como igualmente válidos, como é o caso do método CTSB, referido pelo LNEC, do método do coeficiente de simultaneidade modificado, que é mencionado pela EPAL ou, o método Alemão. Neste capítulo, ainda relativamente ao RGSPDADAR, é abordado todo o processo de obtenção dos diâmetros, pressões e perdas de carga associadas a rede de distribuição de água fria.

Relativamente à Norma europeia, verificou-se que esta apresenta dois caminhos para obter os diâmetros das tubagens. A Norma propõe um método simplificado em que através dos caudais instantâneos e com base nas tabelas de dimensionamento fornecidas no documento é possível obter de forma rápida o diâmetro a utilizar na secção em análise. O outro processo, consiste na obtenção do caudal de cálculo com o apoio do gráfico 2.8, que fornece, e a aplicação das fórmulas hidráulicas geralmente utilizadas para o cálculo dos diâmetros

Em seguida apresentam-se as conclusões que identificadas na análise efectuada aos dois métodos e aos seus resultados verificados nos dois edifícios estudados. As conclusões serão expostas nos pontos seguintes com o objetivo de otimizar o processo de dimensionamento de redes internas de abastecimento de água para consumo humano

1. Caudais mínimos instantâneos

Os métodos presentes apresentam valores dos caudais mínimos instantâneos com diferenças em alguns dispositivos. Essa diferença está associada ao facto de a Norma ter sido elaborada mais recentemente e por esse motivo teve em conta os dispositivos mais atuais. Apesar de esta diferença ocorrer para vários dispositivos comuns de uma rede interior de abastecimento, como: a banheira, o chuveiro e a máquina de lavar louça, verifica-se que o resultado obtido no dimensionamento de tubagens que ligam estes dispositivos não apresenta grandes variações. Dos dispositivos referidos, em termos de diâmetro, apenas a banheira apresenta exigências diferentes na aplicação dos dois métodos. Para este dispositivo, o uso da Norma Europeia, resulta num diâmetro inferior ao diâmetro exigido pelo método de cálculo do RGSPDADAR, embora o caudal mínimo imposto pela Norma seja superior ao Regulamento português. Na tabela seguinte apresenta-se o dimensionamento efectuado para os três dispositivos anteriormente descritos e onde melhor se pode verificar do que se vem concluído.

Quadro 4.1 – Dimensionamento efectuado para Banheira, chuveiro e máquina de lavar louça

Troço	RGSPDADAR				Σ LU	EN806-3			
	Q_a (l/s)	Q_c (l/s)	DN	U (m/s)		Q_c (l/s)	L (m)	DN	U (m/s)
Banheira	0,25	0,25	16	1,54	4	0,4	2,5	14	3,31
Chuveiro	0,15	0,15	14	1,24	2	0,20	2,6	14	1,66
M.L.L	0,15	0,15	14	1,24	2	0,20	2,3	14	1,66

2. Diâmetros

Em termos de diâmetros o dimensionamento, efectuado para os 2 edifícios em estudo, mostrou que o método simplificado proposto pela Norma Europeia conduz, em algumas circunstâncias, a diâmetros nominais mais reduzidos, quando em comparação com os obtidos pela aplicação do método presente no Regulamento Geral português. Este facto acontece maioritariamente nos sub-ramais das redes interiores de abastecimento de água onde a Norma permite que as velocidades atinjam valores próximo dos 4 m/s. Contudo, é necessário referir que ambos os métodos, na maior parte dos troços, levam à adoção de diâmetros iguais, como se pode verificar na tabela (1.1), em que se apresentam as diferenças de resultados para todos os troços dimensionados para os dois edifícios estudados. As poucas situações em que os diâmetros resultantes da Norma são superiores ao RGSPDADAR ocorre em troços onde o caudal acumulado é mais elevado e as unidades de carga (LU) ultrapassam por muito pouco o limite dos intervalos propostos para os valor máximo das unidades de carga nas tabelas de dimensionamento presentes na Norma, como por exemplo, para PVC-C o diâmetro interior de 19,4 mm suporta (segundo as tabelas) um valor máximo de 20 LU e quando a tubagem em dimensionamento apresenta LU de 21, 22 ou valores próximos o diâmetro a utilizar será o diâmetro interno seguinte, de 24,8 mm, o que resulta num sub-dimensionamento, pois nas tubagens em causa verificam-se velocidades de 1 m/s ou inferiores, enquanto que na utilização do RGSPDADAR o dimensionamento é sempre optimizado em função do caudal em causa e respeitando uma velocidade previamente estipulada como aceitável.

3. Pressões

Em termos de pressões a Norma Europeia e o Regulamento Geral Português apresentam diferenças significativas nos limites estabelecidos. O RGSPDADAR admite um valor máximo nos dispositivos de utilização de 600 kPa, cerca de 20% superior face aos 500 kPa definidos pela Norma. Nos valores mínimos a Norma estabelece um mínimo de 100 kPa enquanto que o Regulamento Geral Português admite um valor de 50 kPa. Este intervalo mais largo por parte do RGSPDADAR poderá ter particular importância nos dispositivos importados, em particular quando tem origem em países onde é aplicada a Norma Europeia, pois poderão estar sujeitos a pressões superiores e, consequentemente, inadequados ao funcionamento com as pressões máximas possíveis no RGSPDADAR.

Por outro lado, se é certo que no dimensionamento efectuado para ambos os projetos as variáveis da pressões e da perdas de carga não foram estudadas pelo facto de inicialmente se ter considerado que não haveria qualquer limitação em termos de pressões fornecidas pela rede de abastecimento público, no entanto poderá sempre de ser feita uma chamada de atenção ao processo de cálculo estabelecido na Norma, face a determinação das perdas de carga e das pressões existentes nas tubagens calculadas através das tabelas simplificadas presentes nelas apresentadas. Com a utilização das tabelas do método simplificado a informação obtida pelo projetista é apenas do diâmetro a ser aplicado na tubagem, ao projetista é feito saber que a norma na criação das tabelas procurou limitar as perdas de carga a valores baixos, mas não as contabiliza.

Estando o processo de cálculo das perdas de carga e consequentemente o das pressões relacionado com o caudal de cálculo a ser considerado, pela norma esse processo apenas pode ser feito com a visualização do gráfico presente na figura 2.8, acima apresentado neste estudo, pelo que o problema reside no facto de as tabelas não terem sido realizadas com base no próprio gráfico. Esta situação apresenta alguma incoerência por se estar a fazer um dimensionamento com base nas tabelas fornecidas e, para o cálculo das perdas de carga e de pressões ser necessário a utilização de um gráfico que não foi utilizado na elaboração das tabelas.

4. Nível de conforto

Pela observação dos limites de velocidade estabelecidos pela Norma Europeia e pelo Regulamento Geral Português e através da análise dos resultados obtidos consegue-se verificar que o método simplificado apresentado pela Norma Europeia pode ser classificado como um método com um nível baixo de conforto e este aspecto deve ser considerado na sua aplicação. O processo sugerido pelo RGSPDADAR é um processo que possibilita, com grande rigor, responder a vários níveis de conforto pela alteração de variáveis como: o caudal de cálculo e a velocidade, em que estas podem ser delimitadas por intervalos maiores ou menores, consoante o nível de conforto pretendido no abastecimento. Na Norma Europeia a utilização do método simplificado pode levar maioritariamente a níveis de conforto baixos. Assim, quando há interesse na sua aplicação para situações onde se pretendem níveis médios ou elevados de conforto o processo tem de basear-se no gráfico apresentado na figura 2.8, determinando os diâmetros com base nas velocidades máximas dependentes dos níveis de conforto pretendidos. A determinação do caudal de cálculo pelo método da Norma Europeia não sofre alterações mesmo quando é necessário um nível de conforto elevado havendo aqui uma clara desvantagem em relação ao método sugerido pelo RGSPDADAR.

5. Campos de aplicação

A Norma Europeia ao contrário do Regulamento Geral Português tem várias restrições na sua aplicação. A EN806-3 apenas pode ser utilizada para sistemas “*normais*” ou “*ordinários*”, os quais podem ser descritos como sistemas de abastecimento de construções residenciais para uma ou mais famílias e blocos de apartamentos de vários andares. Não é apropriada para o dimensionamento de circuitos de retorno e a sua utilização não deve ser feita fundamentalmente em edifícios que necessitem de níveis elevados de conforto. A sua aplicação em edifícios com grandes níveis de conforto não apresenta vantagens em relação ao RGSPDADAR, nestas situações a impossibilidade do uso das tabelas tira a rapidez e facilidade inerente ao processo. A impossibilidade de variar os coeficientes de simultaneidade pode impedir a obtenção do nível de conforto pretendido, mesmo utilizando o gráfico presente na figura 2.8 e diminuindo as velocidades máximas.

6. Ajustes na aplicação de cada método

Para que não haja incompatibilidade e incongruência com o Regulamento Geral português em termos de velocidades, seria aconselhável que quando da utilização das tabelas fornecidas se fizesse um ajuste nos diâmetros obtidos para valores de caudais de 3LU a 5LU. O ajuste poderia ser a atribuição do diâmetro seguinte ao diâmetro indicado nas tabelas e assim a questão das velocidades virem a ultrapassar os 2 m/s estariam resolvidos. A optimização deste método pode também passar por uma verificação do diâmetro para os casos em que o caudal acumulado ultrapasse o limite estabelecido pela tabela, como por exemplo, se a tabela define que uma tubagem de diâmetro nominal 20 pode escoar um caudal de 20LU e se a secção em estudo apresentar um caudal de escoamento de 21 ou 22LU, deve ser analisada a possibilidade de aplicação do diâmetro nominal 20 em vez do 25 indicado nas tabelas porque através dos resultados percebe-se que em alguns desses casos a aplicação do diâmetro imposto pelas tabelas levam a velocidades de escoamento muito baixas podendo estas tubagens ter um diâmetro inferior continuando a não desrespeitar os limites de velocidade. Relativamente ao Regulamento Geral português, pelo facto de este já ter alguns anos, seria prudente utilizar os limites de pressões estabelecidos na Norma Europeia pelo facto, de estes estarem mais de acordo com os aparelhos atuais e para que não haja o risco de incompatibilidade com os aparelhos importados de países onde a Norma Europeia seja aplicada.

BIBLIOGRAFIA

- [1] EN806-3:2006, *Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption-Part3: Pipe sizing – Simplified method*, CEN, Bruxelas, 2006.
- [2] *Regulamento Geral dos sistemas públicos de distribuição de água e de drenagem de águas residuais*, Decreto-Regulamentar nº23/95, de 23 de Agosto, Imprensa Nacional, Lisboa, 1996.
- [3] Silva-Afonso, A. *Contributos para o dimensionamento de redes de águas em edifícios especiais. Aplicação de modelos matemáticos*”. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2001.
- [4] Silva-Afonso, A. *Dimensionamento de instalações prediais de água. Considerações sobre o método proposto na norma europeia*. Congresso construção 2007 – 3º Congresso Nacional, 17 a 19 de Dezembro 2007, Coimbra, Portugal.
- [5] Santos, R., Gerra-Martins, J. *Materiais de Construção – Plásticos*. 2ª Edição, 2010.
- [6] Heller, L., Lúcio de Pádua, V. Capítulo 1 Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In *Abastecimento de água para consumo humano* páginas, Editora UFMG, Belo Horizonte, 2006
- [7] Quintela, A.C. Hidráulica. 9ª Edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2005
- [8] Pedroso, V.M.R. *Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas*. 3ª Edição. Lisboa: LNEC, 2007.
- [9] Pedroso, V.M.R. *Tecnologia das tubagens de cobre para sistemas prediais de distribuição de água*. Lisboa: LNEC, 2003.
- [10] Rocha, A.C.P.F. *Tubos de polietileno reticulado e respectivas uniões para sistemas de distribuição de água quente e fria e de aquecimento: Características e especificações*. Lisboa: LNEC, 1990.
- [11] Picciochi, I.M. *Sistemas de tubagem de poli (cloreto de vinilo) clorado para distribuição de água quente e fria: características e especificações*. Lisboa: LNEC, 1999
- [12] Esgalhado, H., Rocha, A. *Materiais plásticos para construção civil: Características e tipos de aplicação*. Lisboa: LNEC, 2002
- [13] Ruas, M., Vital, R., Ramísio, P., Nunes, E., Medeiros, C., Santos Amélia, A., Beltrão, J., Farinha, P., Olival, L. *Manual de Engenharia Sistemas de pressurização - Grundfos*. Biblioteca Nacional, 2005.
- [14] Manual de redes prediais – EPAL. Versão 4, 2011.
- [15] Manual de treinamento *Seleção e aplicação de bombas centrífugas* – KSB Bombas Hidráulicas
- [16] Apontamentos da disciplina “Instalações de Edifícios”

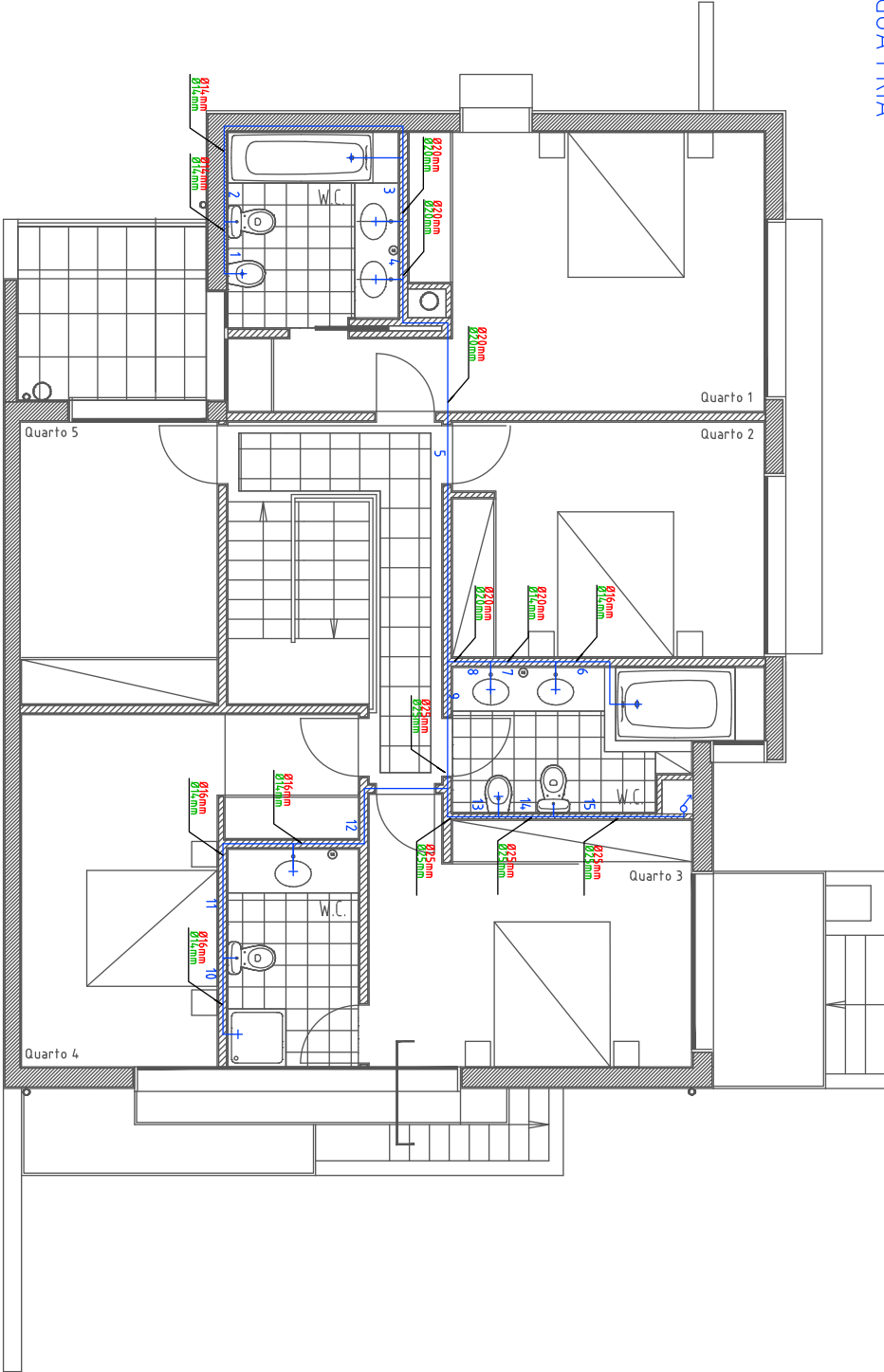
ANEXOS E PEÇAS DESENHADAS

A.2 EDIFÍCIO UNIFAMILIAR – TRAÇADO / DIMENSIONAMENTO (PLANTAS)

RGSPDADAR

EN806-3

— TUBAGENS ÁGUA FRIA

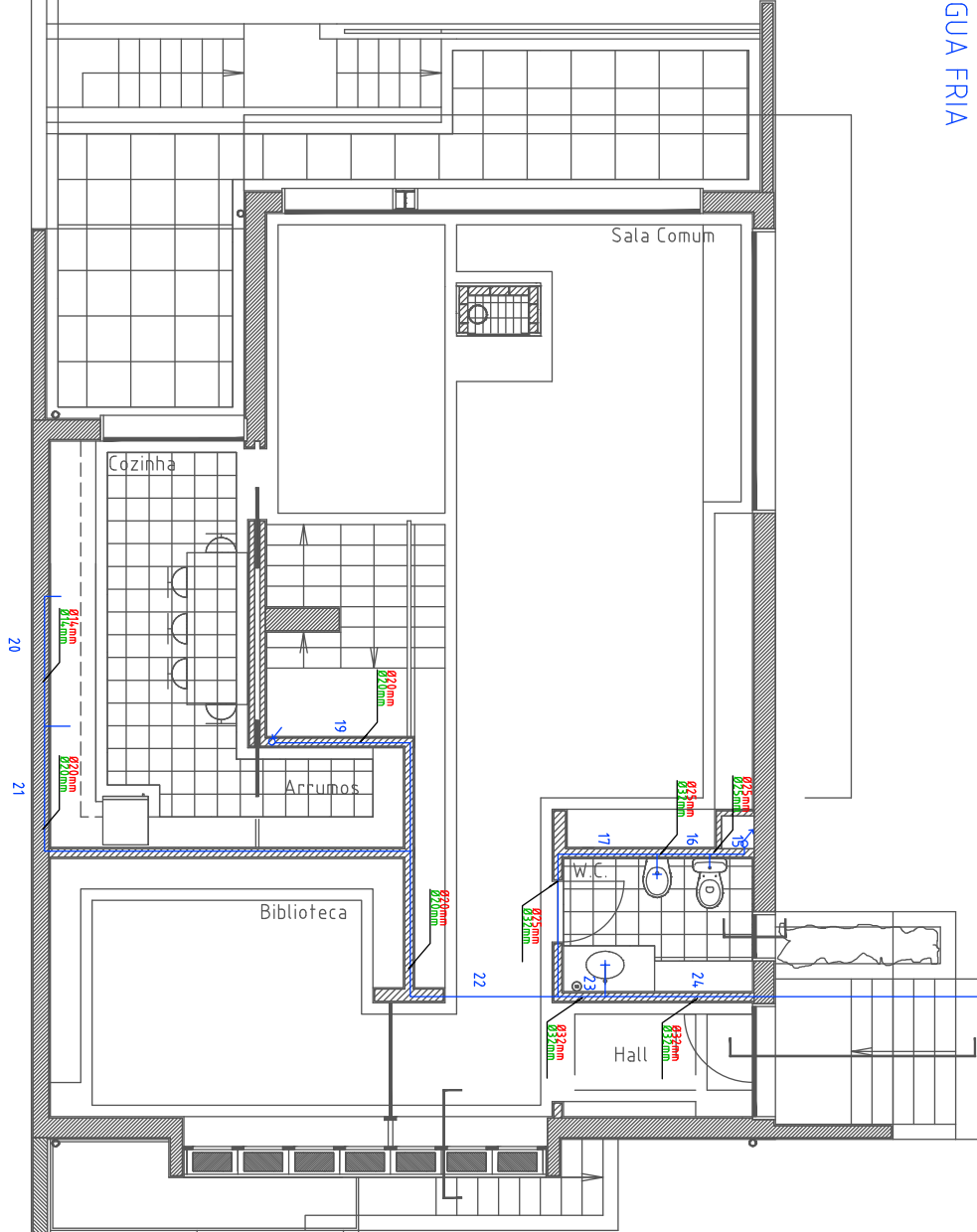


PLANTA DE ANDAR

RGSPDADAR

EN806-3

— TUBAGENS ÁGUA FRIA

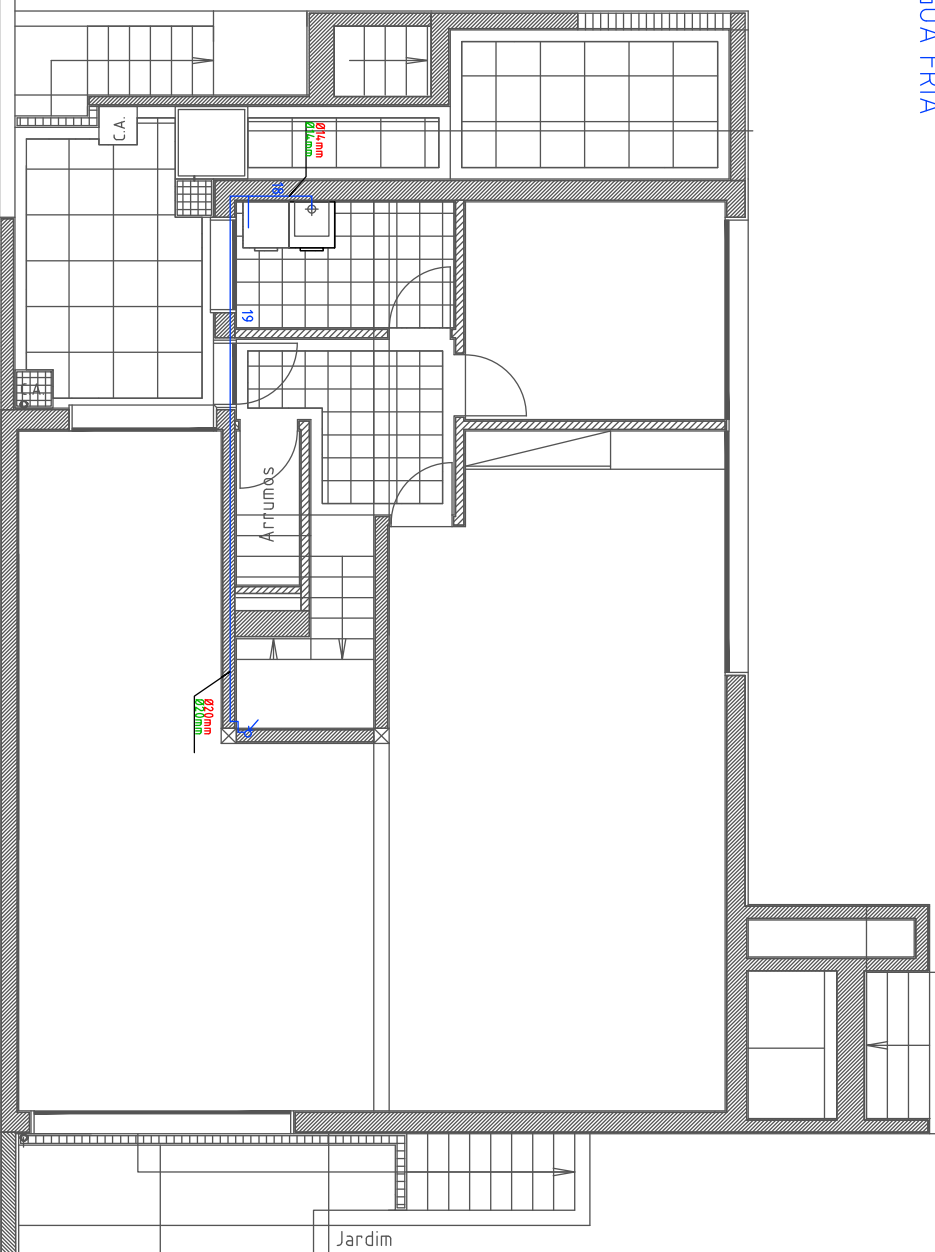


PLANTA DE RÉS-DO-CHÃO

RGSPDADAR

EN806-3

— TUBAGENS ÀGUA FRIA



Jardim

PLANTA DA CAVE

A.2 EDIFÍCIO UNIFAMILIAR – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

RGSPPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
1	0,1	0,1	14(12)	10,6	11,28	1,13
2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
3	0,45	0,36	20	18,4	21,49	1,36
4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
5	0,65	0,44	20	18,4	23,62	1,65
6	0,25	0,27	16	14,4	18,48	1,65
7	0,35	0,32	20	18,4	20,15	1,20
8	0,45	0,36	20	18,4	21,49	1,36
9	1,1	0,57	25	23,1	27,04	1,37
10	0,15	0,15	14	12,4	13,82	1,24
11	0,25	0,27	16	14,4	18,48	1,65
12	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
13	1,45	0,66	25	23,1	29,03	1,58
14	1,55	0,68	25	23,1	29,53	1,63
15	1,65	0,71	25	23,1	30,01	1,69
16	1,75	0,73	25	23,1	30,47	1,74
17	1,85	0,75	25	23,1	30,91	1,79
18	0,2	0,24	14	12,6	17,45	1,92
19	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
20	0,2	0,24	14	12,4	17,45	1,98
21	0,35	0,32	20	18,4	20,15	1,20
22	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
23	2,6	0,89	32	29,6	33,73	1,30
24	2,7	0,91	32	29,6	34,06	1,32

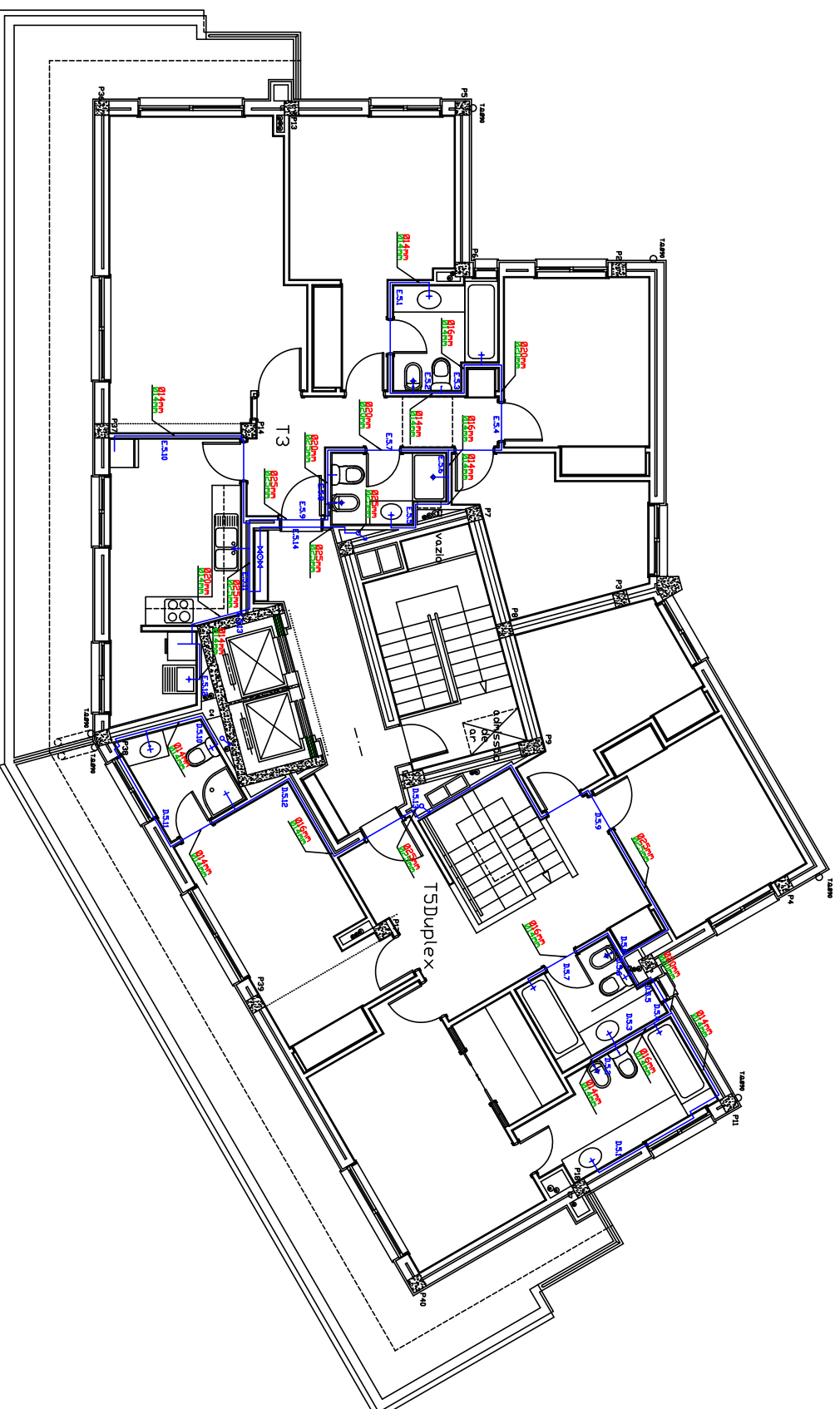
EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
l/s	l/s	l/s		m		mm	mm	m/s
0,1	0,1	0,1	1	1	14	12,6	12	0,80
0,2	0,2	0,2	2	4,2	14	12,6	12	1,60
0,6	0,5	0,46	6	0,9	20	18,4	15,4	1,73
0,7	0,6	0,48	7	0,8	20	18,4	15,4	1,81
0,8	0,7	0,5	8	6	20	18,4	15,4	1,88
0,4	0,3	0,4	4	1,7	14	12,6	12	3,21
0,5	0,4	0,43	5	0,9	14	12,6	12	3,45
0,6	0,5	0,46	6	0,6	20	18,4	15,4	1,73
1,4	1,2	0,62	14	1,75	25	23,1	19,4	1,48
0,2	0,15	0,2	2	1	14	12,6	12	1,60
0,3	0,25	0,24	3	2,6	14	12,6	12	1,92
0,4	0,35	0,27	4	2,9	14	12,6	12	2,17
1,8	1,55	0,625	18	1,1	25	23,1	19,4	1,49
1,9	1,65	0,64	19	0,76	25	23,1	19,4	1,53
2	1,75	0,66	20	5,3	25	23,1	19,4	1,57
2,1	1,85	0,68	21	0,7	32	29,6	24,8	0,99
2,2	1,95	0,2	22	3,2	32	29,6	24,8	0,29
0,2	0,15	0,2	2	1	14	12,6	12	1,60
0,4	0,3	0,27	4	13,7	20	18,4	15,4	1,02
0,2	0,15	0,2	2	1,7	14	12,6	12	1,60
0,4	0,3	0,27	4	6,5	20	18,4	15,4	1,02
0,8	0,6	0,36	8	3,9	20	18,4	15,4	1,35
3	2,55	0,77	30	0,63	32	29,6	24,8	1,12
3,1	2,65	0,78	31	7	32	29,6	24,8	1,13

A.3 EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR – TRAÇADO / DIMENSIONAMENTO (PLANTAS)

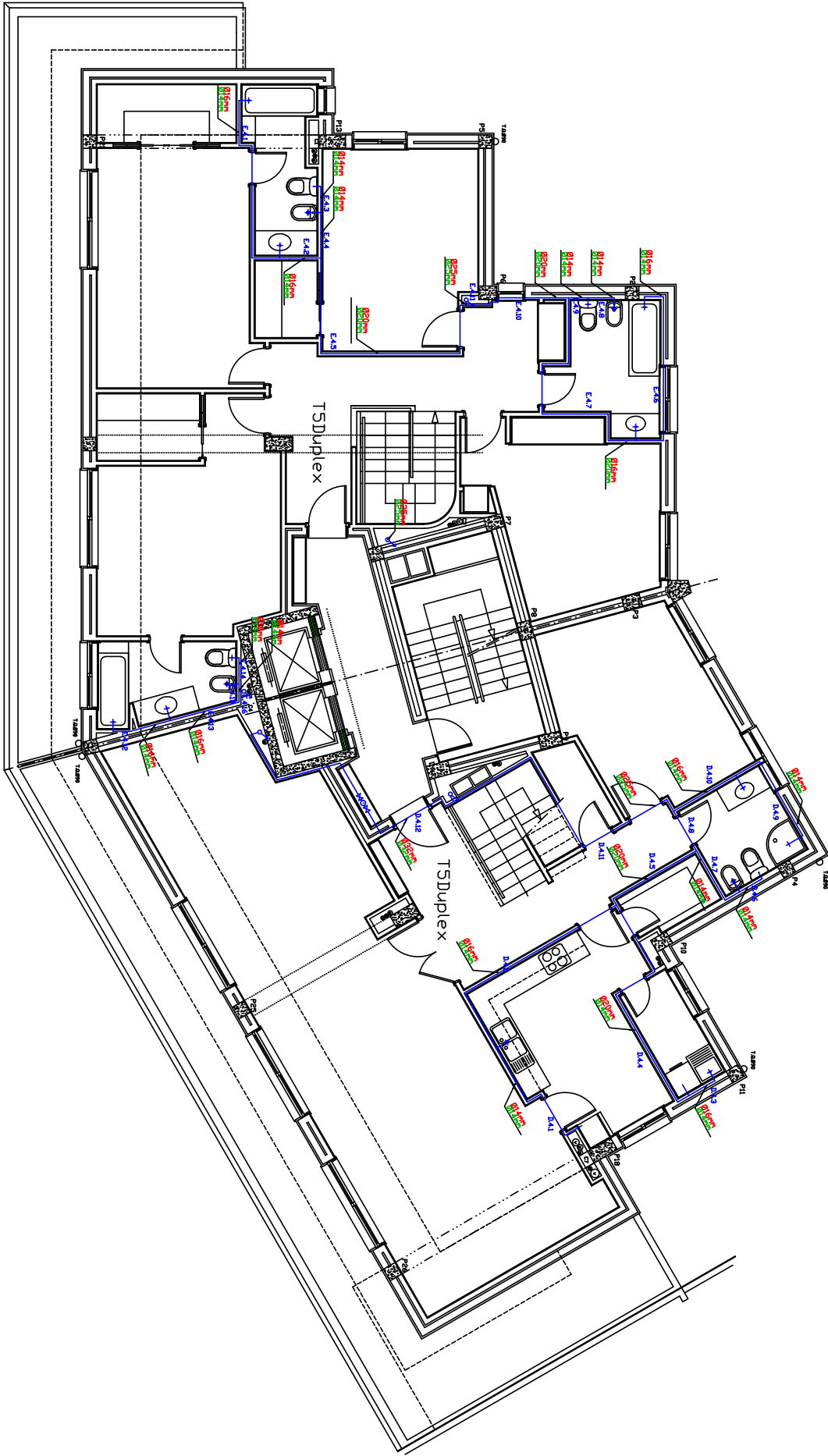
RGSPDADAR

EN806-3

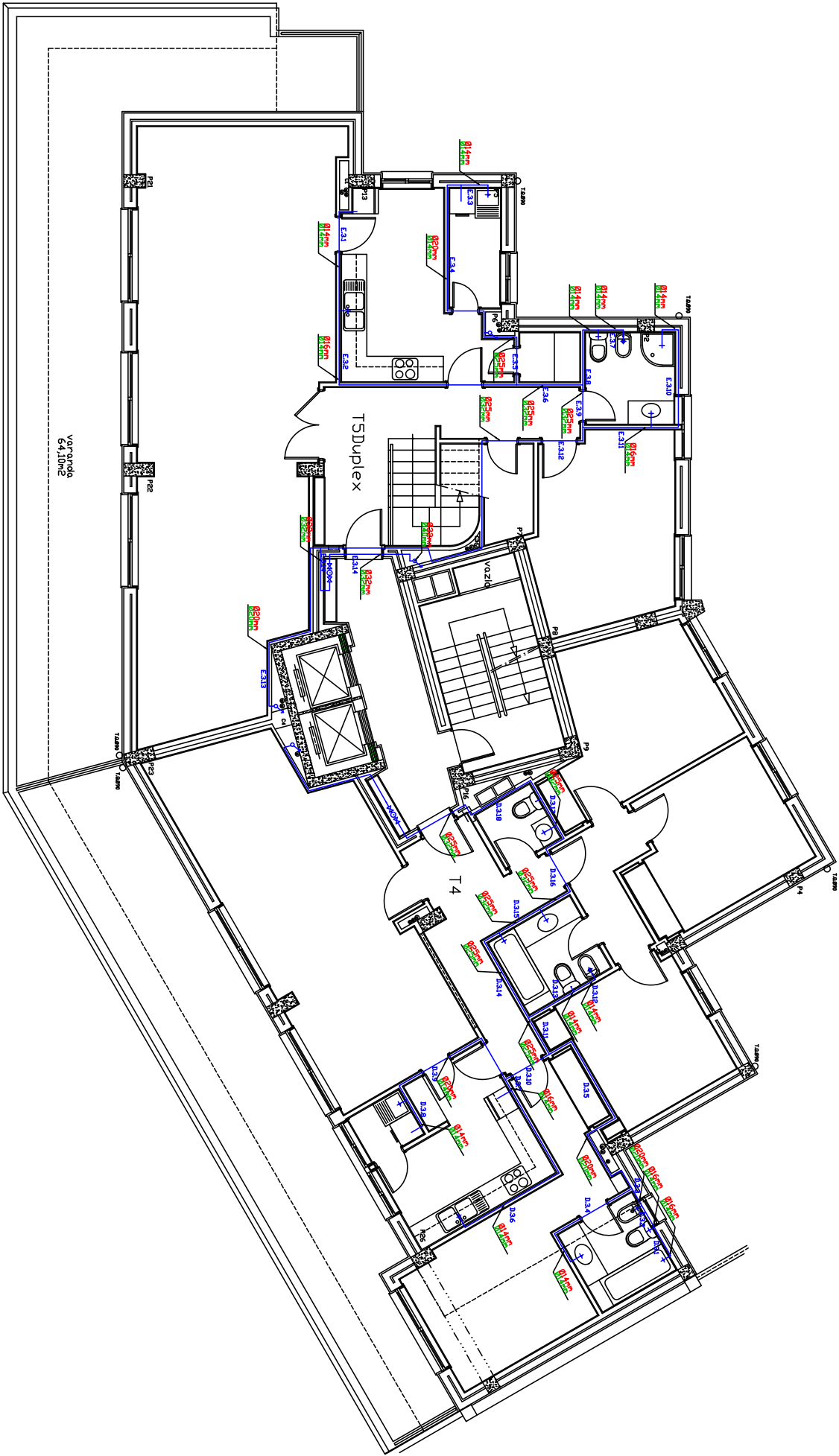
— TUBAGENS AGUA FRIA



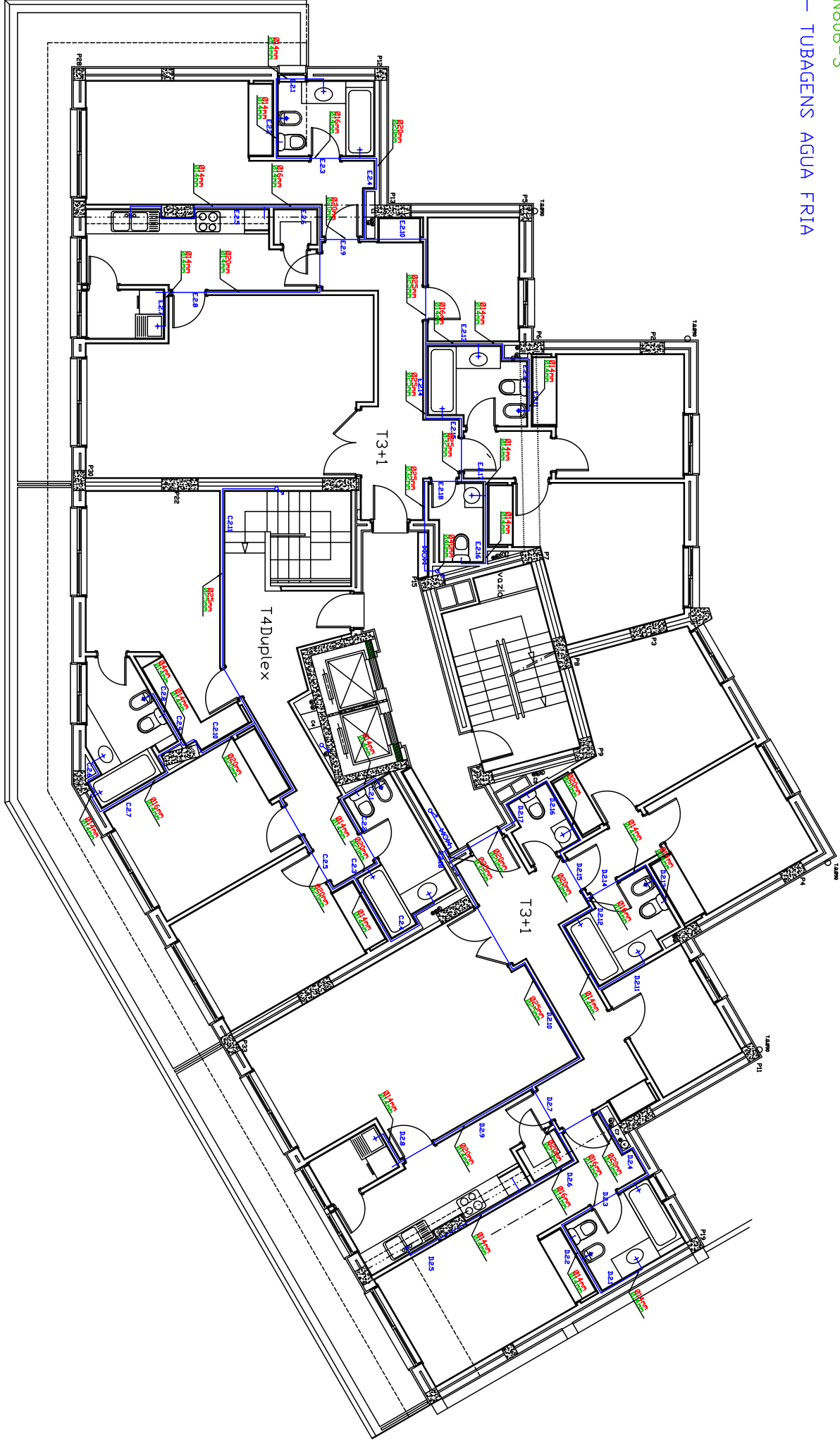
PLANTA DO 5º ANDAR



PLANTA DO 4º ANDAR



PLANTA DO 3º ANDAR

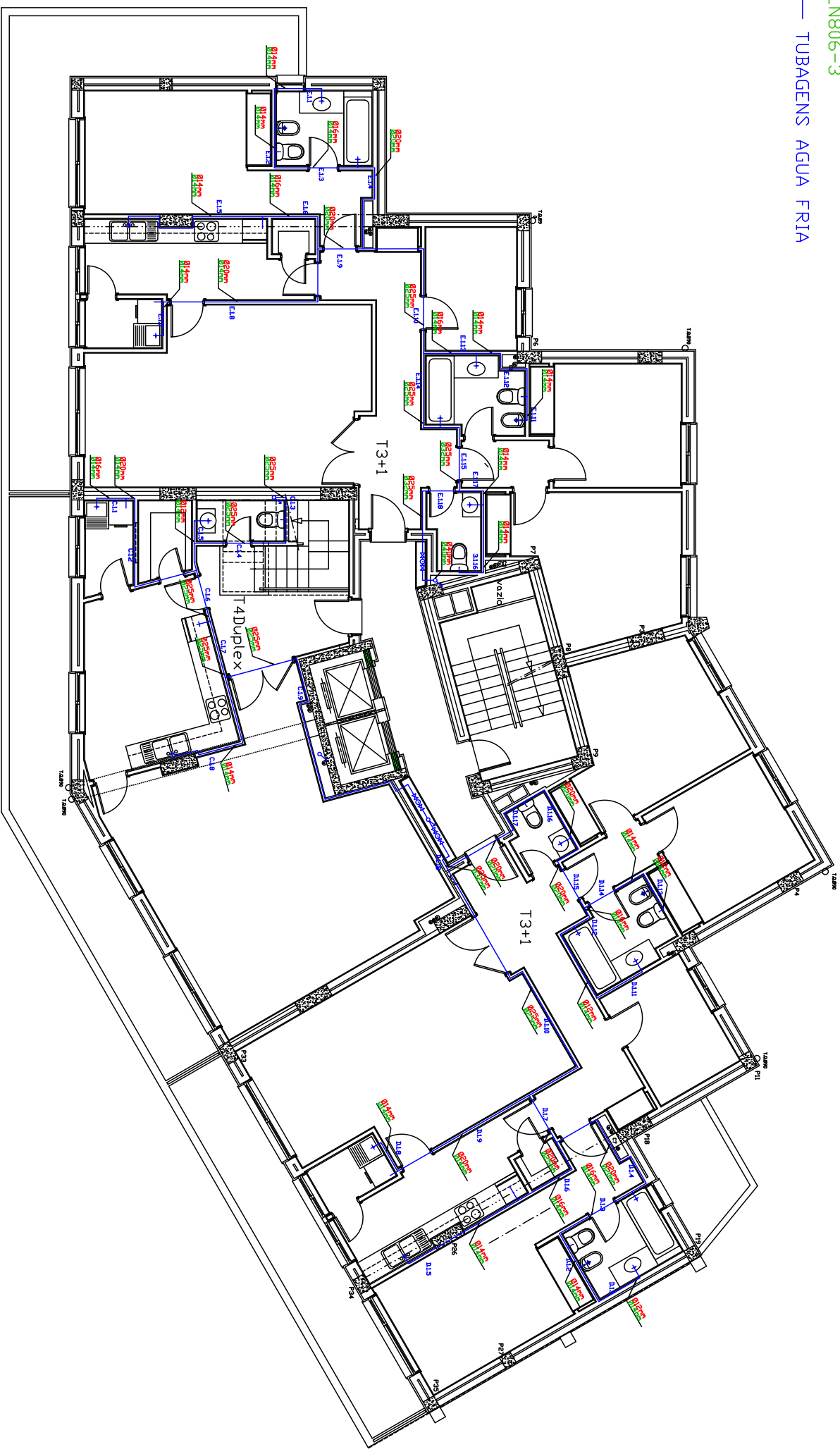


PLANTA DO 2º ANDAR

RGSPDADAR

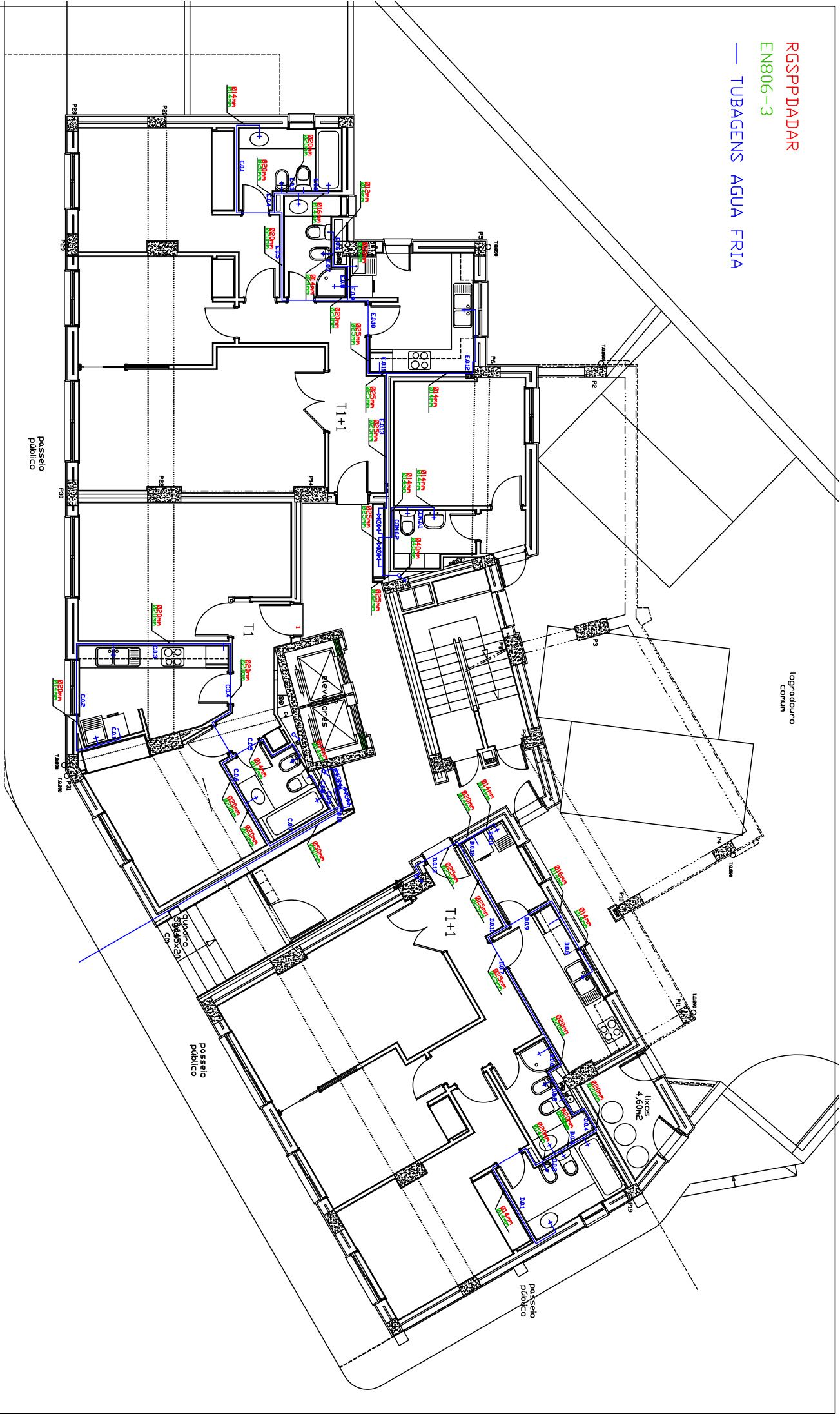
EN806-3

— TUBAGENS AGUA FRIA



PLANTA DO 1º ANDAR

logradouro
Comun



A.4 EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

RGSPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
E.5.1	0,1	0,1	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.5.2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.5.3	0,3	0,29	16	14,4	19,37	1,81
E.5.4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
E.5.5	0,1	0,17	14 (12)	10,6	14,61	1,90
E.5.6	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
E.5.7	0,8	0,49	20	18,4	24,92	1,83
E.5.8	0,9	0,52	20	18,4	25,68	1,95
E.5.9	1	0,55	25	23,1	26,39	1,30
E.5.10	0,15	0,15	14	12,4	13,82	1,24
E.5.11	1,35	0,64	25	23,1	28,50	1,52
E.5.12	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.5.13	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
E.5.14	1,75	0,73	25	23,1	30,47	1,74
D.5.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.5.2	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.5.3	0,3	0,29	16	14,4	19,37	1,81
D.5.4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
D.5.5	0,65	0,44	20	18,4	23,62	1,65
D.5.6	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
D.5.7	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
D.5.8	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.5.9	1,1	0,57	25	23,1	27,04	1,37
D.5.10	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
0,1	0,1	0,10	1	3,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,6	14	12,4	12	1,66
0,3	0,3	0,24	3	1,5	14	12,4	12	1,99
0,7	0,6	0,48	7	3,3	20	18,4	15,4	1,81
0,1	0,1	0,10	1	2,3	14	12,4	12	0,83
0,3	0,25	0,24	3	0,6	14	12,4	12	1,99
1	0,85	0,54	10	3	20	18,4	15,4	2,01
1,1	0,95	0,55	11	0,6	25	23,1	19,4	1,31
1,2	1,05	0,58	12	2,6	25	23,1	19,4	1,37
0,2	0,15	0,20	2	4,7	14	12,4	12	1,66
1,6	1,35	0,62	16	0,9	25	23,1	19,4	1,48
0,2	0,15	0,20	2	0,9	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	2	14	12,4	12	2,24
2	1,65	0,66	20	3,8	25	23,1	19,4	1,57
0,1	0,1	0,10	1	5,2	14	12,4	12	0,83
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,3	0,3	0,24	3	0,9	14	12,4	12	1,99
0,7	0,6	0,48	7	0,4	20	18,4	15,4	1,81
0,8	0,7	0,50	8	1,5	20	18,4	15,4	1,88
0,9	0,8	0,53	9	0,6	20	18,4	15,4	1,97
0,4	0,3	0,40	4	2,5	14	12,4	12	3,31
0,5	0,4	0,43	5	0,2	14	12,4	12	3,56
1,4	1,2	0,60	14	9,4	25	23,1	19,4	1,43
0,1	0,1	0,10	1	1,9	14	12,4	12	0,83

RGSPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
D.5.11	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.5.12	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.5.13	1,45	0,66	25	23,1	29,03	1,58
D.4.1	0,15	0,15	14	12,4	13,82	1,24
D.4.2	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.4.3	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.4.4	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
D.4.5	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
D.4.6	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.4.7	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.4.8	0,95	0,53	20	18,4	26,04	2,00
D.4.9	0,15	0,15	14	12,4	13,82	1,24
D.4.10	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
D.4.11	1,2	0,60	25	23,1	27,65	1,43
D.4.12	2,65	0,90	32	29,6	33,89	1,31
E.4.1	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
E.4.2	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
E.4.3	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.4.4	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.4.5	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
E.4.6	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
E.4.7	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
E.4.8	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.4.9	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
0,2	0,2	0,20	2	5	14	12,4	12	1,66
0,4	0,35	0,27	4	5,2	14	12,4	12	2,24
1,8	1,55	0,63	18	0,3	25	23,1	19,4	1,49
0,2	0,15	0,20	2	3	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	5,4	14	12,4	12	2,24
0,2	0,15	0,20	2	0,7	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	5,9	14	12,4	12	2,24
0,8	0,6	0,36	8	2,32	20	18,4	15,4	1,35
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	1,7	14	12,4	12	1,66
1	0,8	0,40	10	1,02	20	18,4	15,4	1,50
0,2	0,15	0,20	2	2,6	14	12,4	12	1,66
0,3	0,25	0,24	3	1,6	14	12,4	12	1,99
1,3	1,05	0,59	13	6,8	25	23,1	19,4	1,40
3,1	2,6	0,78	31	2,8	32	29,6	24,8	1,13
0,4	0,3	0,40	4	4,45	14	12,4	12	3,31
0,5	0,4	0,43	5	0,9	14	12,4	12	3,56
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,4	14	12,4	12	1,66
0,7	0,6	0,48	7	6,5	20	18,4	15,4	1,81
0,4	0,3	0,40	4	4,3	14	12,4	12	3,31
0,5	0,4	0,43	5	6	20	18,4	15,4	1,62
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,45	14	12,4	12	1,66

RGSPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
E.4.10	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
E.4.11	1,1	0,57	25	23,1	27,04	1,37
E.4.12	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
E.4.13	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
E.4.14	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.4.15	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.4.16	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
E.3.1	0,15	0,15	14	12,4	13,82	1,24
E.3.2	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
E.3.3	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.3.4	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
E.3.5	1,5	0,67	25	23,1	29,28	1,61
E.3.6	1,85	0,75	25	23,1	30,91	1,79
E.3.7	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.3.8	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.3.9	2,05	0,79	25	23,1	31,73	1,89
E.3.10	0,15	0,15	14	12,4	13,82	1,24
E.3.11	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
E.3.12	2,3	0,84	25	23,1	32,68	2,00
E.3.13	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
E.3.14	2,85	0,94	32	29,6	34,53	1,36
D.3.1	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
D.3.2	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.3.3	0,45	0,36	20	18,4	21,49	1,36

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
0,7	0,6	0,48	7	2,6	20	18,4	15,4	1,81
1,4	1,2	0,60	14	0,1	25	23,1	19,4	1,43
0,4	0,3	0,40	4	1,3	14	12,4	12	3,31
0,5	0,4	0,43	5	1,6	14	12,4	12	3,56
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,25	14	12,4	12	1,66
0,7	0,6	0,48	7	0,1	20	18,4	15,4	1,81
0,2	0,15	0,20	2	2,3	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	6	14	12,4	12	2,24
0,2	0,15	0,20	2	0,6	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	4,7	14	12,4	12	2,24
1,8	1,5	0,63	18	2	25	23,1	19,4	1,49
2,2	1,8	0,70	22	1,6	32	29,6	24,8	1,02
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	1,7	14	12,4	12	1,66
2,4	2	0,74	24	1	32	29,6	24,8	1,08
0,2	0,15	0,20	2	3,3	14	12,4	12	1,66
0,3	0,25	0,24	3	1,6	14	12,4	12	1,99
2,7	2,25	0,76	27	9,3	32	29,6	24,8	1,10
0,7	0,6	0,48	7	4,9	20	18,4	15,4	1,81
3,4	2,85	0,80	34	4,2	32	29,6	24,8	1,16
0,4	0,3	0,40	4	0,8	14	12,4	12	3,31
0,5	0,4	0,43	5	0,6	14	12,4	12	3,56
0,6	0,5	0,46	6	0,45	20	18,4	15,4	1,73

RGSPPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
D.3.4	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.3.5	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
D.3.6	0,2	0,20	16	14,4	15,96	1,23
D.3.7	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.3.8	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.3.9	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
D.3.10	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
D.3.11	1,3	0,63	25	23,1	28,23	1,49
D.3.12	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.3.13	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.3.14	1,5	0,67	25	23,1	29,28	1,61
D.3.15	1,75	0,73	25	23,1	30,47	1,74
D.3.16	1,85	0,75	25	23,1	30,91	1,79
D.3.17	1,95	0,77	25	23,1	31,33	1,84
D.3.18	2,05	0,79	25	23,1	31,73	1,89
E.2.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.2.2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.2.3	0,3	0,29	16	14,4	19,37	1,81
E.2.4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
E.2.5	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.2.6	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
E.2.7	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.2.8	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
E.2.9	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
0,1	0,1	0,10	1	3	14	12,4	12	0,83
0,7	0,6	0,48	7	5,4	20	18,4	15,4	1,81
0,2	0,15	0,20	2	4,8	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,40	4	0,3	14	12,4	12	3,31
0,2	0,15	0,20	2	0,7	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,24	3	3,8	14	12,4	12	1,99
0,8	0,6	0,50	8	1,2	20	18,4	15,4	1,88
1,5	1,2	0,61	15	1	25	23,1	19,4	1,46
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	1,2	14	12,4	12	1,66
1,7	1,4	0,62	17	2,5	25	23,1	19,4	1,48
2,1	1,7	0,68	21	1,15	32	29,6	24,8	0,99
2,2	1,8	0,70	22	2,8	32	29,6	24,8	1,02
2,3	1,9	0,72	23	0,8	32	29,6	24,8	1,05
2,4	2	0,74	24	4,6	32	29,6	24,8	1,08
0,1	0,1	0,10	1	2	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,6	14	12,4	12	1,66
0,3	0,3	0,24	3	2,5	14	12,4	12	1,99
0,7	0,6	0,48	7	2,7	20	18,4	15,4	1,81
0,2	0,15	0,20	2	4	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	2,15	14	12,4	12	2,24
0,2	0,15	0,20	2	0,8	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	5,15	14	12,4	12	2,24
0,8	0,6	0,36	8	1,1	20	18,4	15,4	1,35

RGSPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
E.2.10	1,3	0,63	25	23,1	28,23	1,49
E.2.11	0,1	0,10	12	10,6	11,28	1,13
E.2.12	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.2.13	0,3	0,29	16	14,4	19,37	1,81
E.2.14	1,6	0,70	25	23,1	29,77	1,66
E.2.15	1,85	0,75	25	23,1	30,91	1,79
E.2.16	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.2.17	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.2.18	2,05	0,79	25	23,1	31,73	1,89
D.2.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.2.2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.2.3	0,3	0,29	16	14,4	19,37	1,81
D.2.4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
D.2.5	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.2.6	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.2.7	0,9	0,52	20	18,4	25,68	1,95
D.2.8	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.2.9	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
D.2.10	1,3	0,63	25	23,1	28,23	1,49
D.2.11	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.2.12	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.2.13	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.2.14	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.2.15	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
1,5	1,2	0,61	15	4,2	25	23,1	19,4	1,46
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	2,4	14	12,4	12	1,66
0,3	0,3	0,24	3	1,3	14	12,4	12	1,99
1,8	1,5	0,63	18	2,25	25	23,1	19,4	1,49
2,2	1,8	0,70	22	2,13	32	29,6	24,8	1,02
0,1	0,1	0,10	1	2,3	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	1	14	12,4	12	1,66
2,4	2	0,74	24	3,4	32	29,6	24,8	1,08
0,1	0,1	0,10	1	2	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,6	14	12,4	12	1,66
0,3	0,3	0,24	3	2,1	14	12,4	12	1,99
0,7	0,6	0,48	7	3,9	20	18,4	15,4	1,81
0,2	0,15	0,20	2	3,1	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	2,3	14	12,4	12	2,24
1,1	0,9	0,55	11	1,4	25	23,1	19,4	1,31
0,2	0,15	0,20	2	0,8	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	3,8	14	12,4	12	2,24
1,5	1,2	0,61	15	7,7	25	23,1	19,4	1,46
0,1	0,1	0,10	1	3,5	14	12,4	12	0,83
0,5	0,4	0,43	5	0,7	14	12,4	12	3,56
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	1,7	14	12,4	12	1,66
0,7	0,6	0,48	7	2,3	20	18,4	15,4	1,81

RGSPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
D.2.16	0,65	0,44	20	18,4	23,62	1,65
D.2.17	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
D.2.18	2,05	0,79	25	23,1	31,73	1,89
E.1.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.1.2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.1.3	0,3	0,29	16	14,4	19,37	1,81
E.1.4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
E.1.5	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.1.6	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
E.1.7	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.1.8	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
E.1.9	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
E.1.10	1,3	0,63	25	23,1	28,23	1,49
E.1.11	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.1.12	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.1.13	0,3	0,29	16	14,4	19,37	1,81
E.1.14	1,6	0,70	25	23,1	29,77	1,66
E.1.15	1,85	0,75	25	23,1	30,91	1,79
E.1.16	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.1.17	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.1.18	2,05	0,79	25	23,1	31,73	1,89
D.1.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.1.2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
0,8	0,7	0,50	8	2	20	18,4	15,4	1,88
0,9	0,8	0,53	9	3	20	18,4	15,4	1,97
2,4	2	0,74	24	1,4	32	29,6	24,8	1,08
0,1	0,1	0,10	1	2	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,6	14	12,4	12	1,66
0,3	0,3	0,24	3	2,5	14	12,4	12	1,99
0,7	0,6	0,48	7	2,7	20	18,4	15,4	1,81
0,2	0,15	0,20	2	4	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	2,15	14	12,4	12	2,24
0,2	0,15	0,20	2	0,8	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	5,15	14	12,4	12	2,24
0,8	0,6	0,36	8	1,1	20	18,4	15,4	1,35
1,5	1,2	0,61	15	4,2	25	23,1	19,4	1,46
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	2,4	14	12,4	12	1,66
0,3	0,3	0,24	3	1,3	14	12,4	12	1,99
1,8	1,5	0,63	18	2,25	25	23,1	19,4	1,49
2,2	1,8	0,70	22	2,13	32	29,6	24,8	1,02
0,1	0,1	0,10	1	2,3	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	1	14	12,4	12	1,66
2,4	2	0,74	24	3,4	32	29,6	24,8	1,08
0,1	0,1	0,10	1	2	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,6	14	12,4	12	1,66

RGSPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
D.1.3	0,3	0,29	16	14,4	19,37	1,81
D.1.4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
D.1.5	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.1.6	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.1.7	0,9	0,52	20	18,4	25,68	1,95
D.1.8	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.1.9	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
D.1.10	1,3	0,63	25	23,1	28,23	1,49
D.1.11	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.1.12	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
D.1.13	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.1.14	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.1.15	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
D.1.16	0,65	0,44	20	18,4	23,62	1,65
D.1.17	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
D.1.18	2,05	0,79	25	23,1	31,73	1,89
C.2.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
C.2.2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
C.2.3	0,45	0,36	20	18,4	21,49	1,36
C.2.4	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
C.2.5	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
C.2.6	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
C.2.7	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96
C.2.8	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
0,3	0,3	0,24	3	2,1	14	12,4	12	1,99
0,7	0,6	0,48	7	3,9	20	18,4	15,4	1,81
0,2	0,15	0,20	2	3,1	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	2,3	14	12,4	12	2,24
1,1	0,9	0,55	11	1,4	25	23,1	19,4	1,31
0,2	0,15	0,20	2	0,8	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	3,8	14	12,4	12	2,24
1,5	1,2	0,61	15	7,7	25	23,1	19,4	1,46
0,1	0,1	0,10	1	3,5	14	12,4	12	0,83
0,5	0,4	0,43	5	0,7	14	12,4	12	3,56
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	1,7	14	12,4	12	1,66
0,7	0,6	0,48	7	2,3	20	18,4	15,4	1,81
0,8	0,7	0,50	8	2	20	18,4	15,4	1,88
0,9	0,8	0,53	9	3	20	18,4	15,4	1,97
2,4	2	0,74	24	1,4	32	29,6	24,8	1,08
0,1	0,1	0,10	1	0,62	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	2,6	14	12,4	12	1,66
0,6	0,5	0,46	6	0,4	20	18,4	15,4	1,73
0,1	0,1	0,10	1	3,55	14	12,4	12	0,83
0,7	0,6	0,48	7	5,6	20	18,4	15,4	1,81
0,1	0,1	0,10	1	1,2	14	12,4	12	0,83
0,5	0,4	0,34	5	3,5	14	12,4	12	2,82
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83

RGSPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
C.2.9	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
C.2.10	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
C.2.11	1,1	0,57	25	23,1	27,04	1,37
C.1.1	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
C.1.2	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
C.1.3	1,1	0,57	25	23,1	27,04	1,37
C.1.4	1,2	0,60	25	23,1	27,65	1,43
C.1.5	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
C.1.6	1,3	0,63	25	23,1	28,23	1,49
C.1.7	1,45	0,66	25	23,1	29,03	1,58
C.1.8	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
C.1.9	1,65	0,71	25	23,1	30,01	1,69
E.0.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.0.2	0,25	0,25	16	14,4	17,84	1,54
E.0.3	0,45	0,36	20	18,4	21,49	1,36
E.0.4	0,55	0,40	20	18,4	22,63	1,51
E.0.5	0,65	0,44	20	18,4	23,62	1,65
E.0.6	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
E.0.7	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
E.0.8	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
E.0.9	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
E.0.10	1,4	0,65	25	23,1	28,77	1,55
E.0.11	1,55	0,68	25	23,1	29,53	1,63
E.0.12	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
0,2	0,2	0,20	2	0,8	14	12,4	12	1,66
0,7	0,6	0,48	7	2,3	20	18,4	15,4	1,81
1,4	1,2	0,60	14	7,33	25	23,1	19,4	1,43
0,2	0,15	0,20	2	0,73	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	4	14	12,4	12	2,24
1,4	1,2	0,60	14	0,8	25	23,1	19,4	1,43
1,5	1,3	0,61	15	2,8	25	23,1	19,4	1,46
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
1,6	1,4	0,62	16	1,3	25	23,1	19,4	1,48
1,8	1,55	0,63	18	1,5	25	23,1	19,4	1,49
0,2	0,15	0,20	2	3,6	14	12,4	12	1,66
2	1,7	0,65	20	9	25	23,1	19,4	1,54
0,1	0,1	0,10	1	4	14	12,4	12	0,83
0,4	0,3	0,40	4	0,7	14	12,4	12	3,31
0,6	0,5	0,46	6	0,6	20	18,4	15,4	1,73
0,7	0,6	0,48	7	0,73	20	18,4	15,4	1,81
0,8	0,7	0,50	8	4,4	20	18,4	15,4	1,88
0,1	0,1	0,10	1	0,6	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,73	14	12,4	12	1,66
0,4	0,35	0,27	4	0,55	14	12,4	12	2,24
0,8	0,65	0,36	8	0,4	20	18,4	15,4	1,35
1,6	1,35	0,62	16	2,9	25	23,1	19,4	1,48
1,8	1,5	0,63	18	0,2	25	23,1	19,4	1,49
0,2	0,15	0,20	2	4,15	14	12,4	12	1,66

RGSPDADAR						
Troço	Qac	Qcalculo	DN	Di	D min	U
	l/s	l/s		mm	mm	m/s
E.0.13	1,75	0,73	25	23,1	30,47	1,74
CON.0.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
CON.0.2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
C.0.1	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
C.0.2	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
C.0.3	0,6	0,42	20	18,4	23,14	1,58
C.0.4	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
C.0.5	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
C.0.6	0,85	0,50	20	18,4	25,31	1,89
C.0.7	0,95	0,53	20	18,4	26,04	2,00
C.0.8	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
C.0.9	0,35	0,32	20	18,4	20,15	1,20
C.0.10	1,3	0,63	25	23,1	28,23	1,49
D.0.1	0,1	0,10	14 (12)	10,6	11,28	1,13
D.0.2	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.0.3	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
D.0.4	0,65	0,44	20	18,4	23,62	1,65
D.0.5	0,75	0,47	20	18,4	24,51	1,77
D.0.6	0,85	0,50	20	18,4	25,31	1,89
D.0.7	1	0,55	25	23,1	26,39	1,30
D.0.8	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.0.9	0,35	0,32	16	14,4	20,15	1,96

EN806-3								
Σ Qa	Σ Qmin	Qcalculo	Σ LU	L	DN	Di	D mim	U
				m		mm	mm	m/s
2	1,65	0,65	20	5,6	25	23,1	19,4	1,54
0,1	0,1	0,10	1	0,72	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	2,5	14	12,4	12	1,66
0,2	0,15	0,20	2	0,65	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	4,5	14	12,4	12	2,24
0,6	0,45	0,32	6	3	20	18,4	15,4	1,20
0,8	0,6	0,36	8	3,7	20	18,4	15,4	1,35
0,1	0,1	0,10	1	2,5	14	12,4	12	0,83
0,9	0,7	0,38	9	1,6	20	18,4	15,4	1,43
1	0,8	0,40	10	3,3	20	18,4	15,4	1,50
0,1	0,1	0,10	1	0,7	14	12,4	12	0,83
0,5	0,4	0,43	5	0,44	14	12,4	12	3,56
1,5	1,2	0,61	15	1,5	25	23,1	19,4	1,46
0,1	0,1	0,10	1	4,8	14	12,4	12	0,83
0,2	0,2	0,20	2	0,4	14	12,4	12	1,66
0,4	0,4	0,27	4	0,9	14	12,4	12	2,24
0,8	0,7	0,50	8	2	20	18,4	15,4	1,88
0,9	0,8	0,53	9	0,6	20	18,4	15,4	1,97
1	0,9	0,55	10	1,2	20	18,4	15,4	2,07
1,2	1,1	0,58	12	4	25	23,1	19,4	1,37
0,2	0,15	0,20	2	1,7	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	1,9	14	12,4	12	2,24

RGSPDADAR						
Troço	Qac l/s	Qcalculo l/s	DN	Di mm	D min mm	U m/s
D.0.10	1,35	0,64	25	23,1	28,50	1,52
D.0.11	0,2	0,20	14	12,4	15,96	1,66
D.0.12	0,4	0,34	20	18,4	20,85	1,28
D.0.13	1,75	0,73	25	23,1	30,47	1,74
Coluna.E.4-5	1,75	0,73	25	23,1	30,47	1,74
Coluna.E.3-4	1,75	0,73	25	23,1	30,47	1,74
Coluna.E.2-3	4,6	1,18	32	29,6	38,84	1,72
Coluna.E.1-2	6,65	1,44	40	37	42,88	1,34
Coluna.E.R/C-1	8,7	1,67	40	37	46,08	1,55
Coluna.E.-1-R/C	10,65	1,86	40	37	48,65	1,73
Coluna.D.3-4	2,65	0,90	32	29,6	33,89	1,31
Coluna.D.2-3	4,7	1,20	32	29,6	39,07	1,74
Coluna.D.1-2	6,75	1,46	40	37	43,05	1,35
Coluna.D.R/C-1	10,45	1,84	40	37	48,40	1,71
Coluna.D.--1-R/C	10,45	1,84	40	37	48,40	1,71
R/C.1	1,75	0,73	25	23,1	30,47	1,74
R/C.2	2,05	0,79	25	23,1	31,73	1,89
R/C.3	10,65	1,86	40	37	48,65	1,73
R/C.4	21,1	2,68	50	46,3	58,44	1,59
Ligação -1/R/C	23,15	2,82	50	46,3	59,91	1,67
Ligação RP	24,45	2,90	50	46,3	60,80	1,72

EN806-3								
Σ Qa l/s	Σ Qmin l/s	Qcalculo l/s	Σ LU	L m	DN	Di mm	D mim mm	U m/s
1,6	1,4	0,62	16	2,7	25	23,1	19,4	1,48
0,2	0,15	0,20	2	0,6	14	12,4	12	1,66
0,4	0,3	0,27	4	0,45	14	12,4	12	2,24
2	1,7	0,65	20	/	25	23,1	19,4	1,54
2	1,65	0,675	20	/	25	23,1	19,4	1,61
2	1,65	0,675	20	/	25	23,1	19,4	1,61
5,4	4,5	0,875	54	/	40	37	31	0,81
7,8	6,5	1,1	78	/	40	37	31	1,02
10,2	8,5	1,2	102	/	40	37	31	1,12
12,4	10,35	1,3	124	/	40	37	31	1,21
3,1	2,6	0,75	31	/	32	29,6	24,8	1,09
5,5	4,6	0,95	55	/	40	37	31	0,88
7,9	6,6	1,1	79	/	40	37	31	1,02
12,3	10,3	1,3	123	/	40	37	31	1,21
12,3	10,3	1,3	123	/	40	37	31	1,21
2	1,7	0,65	20	/	25	23,1	19,4	1,54
2,5	2,1	0,80	25	/	32	29,6	24,8	1,16
12,4	10,35	1,30	124	/	40	37	31	1,21
24,7	20,65	1,60	247	/	50	46,3	38,8	0,95
27,2	22,75	1,65	272	/	50	46,3	38,8	0,98
28,7	23,85	1,7	287	/	50	46,3	38,8	1,01